Sensación y percepción

¿Se ha preguntado cómo experimenta su encéfalo —encerrado en la cámara oscura y silenciosa del cráneo— el estallido de colores de una pintura de Van Gogh, las melodías y los ritmos movidos del rock‘n’ roll, el fresco sabor de la sandía en un día caluroso, la suave caricia del beso de un niño o el perfume de las flores silvestres en primavera? Nuestro cometido en este capítulo es explicar la manera en que el cuerpo y el encéfalo dan sentido al mar de estímulos (imágenes, sonidos, etcétera) que nos rodea. Veremos que la evolución nos ha dotado de la capacidad de detectar diversas dimensiones de la experiencia.

En este capítulo explicaremos por qué la experiencia del mundo depende de los procesos de *sensación* y *percepción*. Descubriremos que estos procesos cumplen dos funciones: la de supervivencia y la de sensualidad. Los procesos sensoriales y perceptuales ayudan a la supervivencia mediante la activación de alarmas de peligro que nos preparan para emprender acciones rápidas y protegernos de los peligros,





La sensualidad es el goce de las experiencias sensoriales. ¿Cuál es la relación entre sensualidad y supervivencia?

mediante su impulso hacia experiencias agradables. Estos procesos también atañen a la sensualidad, que es la cualidad de dedicarse a la gratificación de los sentidos y que entraña el disfrute de las experiencias que agradan a la vista, oído, tacto, gusto y olfato.

Comenzaremos con una panorámica de los procesos sensoriales y perceptuales y de las dificultades que les plantea el mundo material.

Sensación, organización, identificación y reconocimiento

El término **percepción**, en su sentido más amplio, se refiere al proceso general de aprehender objetos y sucesos del ambiente: sentirlos, entenderlos, identificarlos, designarlos y preparar una reacción ante ellos. Un *percepto* es lo que se percibe, el resultado fenomenológico o experimentado del acto de percibir. El proceso de la percepción se entiende mejor si lo separamos en tres etapas: sensación, organización perceptual e identificación o reconocimiento de los objetos.

La **sensación** es el proceso en el que la estimulación de los *receptores sensoriales* (estructuras en nuestros ojos, oídos, etcétera) produce impulsos nerviosos que representan las experiencias internas o externas del cuerpo. Por ejemplo, la sensación proporciona los datos básicos del campo visual. Las células nerviosas del ojo transmiten la información a las células de la corteza cerebral, que extraen las características preliminares de esta entrada de información.

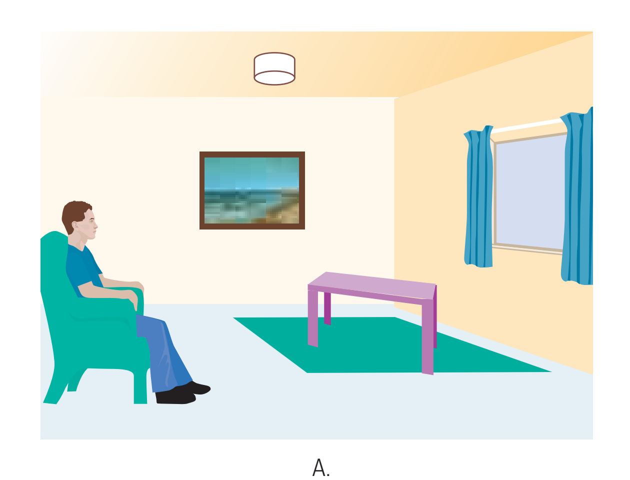
La **organización perceptual** se refiere a la etapa en que se forma una representación interna de un objeto y se crea el percepto de un estímulo externo. La representación es una descripción provisional del ambiente externo de quien percibe. En lo que respecta a la visión, los procesos perceptuales proporcionan una estimación del posible tamaño, forma, movimiento, distancia y orientación del objeto. La estimación se basa en cálculos mentales que integran los conocimientos anteriores con las pruebas presentes aportadas por los sentidos y el estímulo en su contexto de percepción. La percepción comprende la *síntesis* (integración y combinación) de las características sensoriales simples, como colores, aristas y líneas, dentro del percepto de un objeto que puede reconocerse después. La mayoría de la veces estas actividades mentales ocurren rápida y eficazmente y sin que seamos conscientes de ellas.

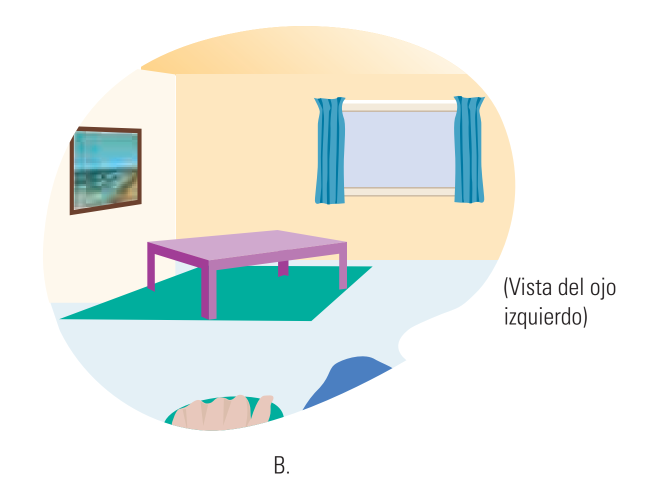
En la tercera etapa de la secuencia, **identificación y reconocimiento**, se confiere un significado a los perceptos. Los objetos redondos "devienen" pelotas de basquetbol, monedas, relojes, naranjas y lunas. Una persona se identifica como hombre o mujer, amigo o enemigo, pariente o estrella de rock. En esta etapa, la pregunta acerca del aspecto del objeto se convierte en una pregunta de identificación, ¿qué es el objeto?, y una pregunta de reconocimiento, ¿cuál es su función? Identificar y reconocer qué es algo, cómo se llama, cuál es la mejor manera de reaccionar, concierne a procesos cognoscitivos de orden superior, que implican nuestras teorías, recuerdos, valores, ideas y actitudes hacia el objeto.

Hemos dado así una breve introducción a las etapas de procesamiento que nos permiten tener una comprensión significativa del mundo perceptual que nos rodea. En la vida diaria la percepción parece ocurrir sin ningún esfuerzo. Trataremos de convencerlo de que en realidad efectuamos un procesamiento muy elaborado, mucho trabajo mental, para llegar a esta "ilusión de facilidad".

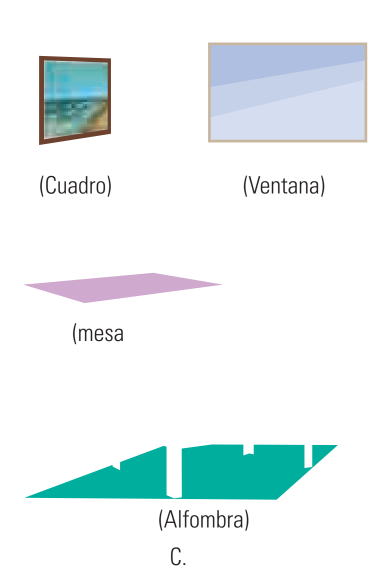
◆ LOS ESTÍMULOS PROXIMALES Y DISTALES

Imaginemos que usted es la persona de la **figura 4.1A** y que observa una habitación desde un sillón cómodo. Parte de la luz que se refleja de los objetos entra en sus ojos y forma imágenes en la retina. En la **figura 4.1B** se muestra lo que vería desde su lugar con el ojo izquierdo (el borde de


A.



B.



C.

FIGURA 4.1

Interpretación de las imágenes retinianas

La principal tarea de la percepción visual es interpretar o identificar el estímulo distal, que es el objeto real en el entorno, con información tomada del estímulo proximal, la imagen que el objeto produce en la retina.

la derecha es la nariz, y la rodilla y la mano son las de usted). ¿Qué diferencias guarda la imagen retiniana con el entorno que la produjo?

Una diferencia muy importante es que si bien la imagen retiniana es *bidimensional,* el entorno es *tridimensional*. Esta diferencia tiene muchas consecuencias. Por ejemplo, comparemos las figuras de los objetos materiales de la figura 4.1A con las formas de sus imágenes retinianas correspondientes (**figura 4.1C**). La mesa, alfombra, ventana y cuadro de la escena real son rectangulares, pero sólo la imagen de la ventana produce un rectángulo en la retina. La imagen del cuadro es un trapecio, la de la mesa es un cuadrángulo irregular y la de la alfombra es en realidad tres regiones separadas con más de 20 lados. Este es nuestro primer acertijo perceptual. ¿Cómo nos las arreglamos para percibir todos estos objetos como rectángulos simples y normales?

La situación es un poco más complicada. Observe también que muchas partes de lo que se percibe en la habitación no aparecen en la imagen retiniana. Por ejemplo, usted percibe la esquina vertical hasta el piso, pero la imagen retiniana se detiene en la parte superior de la mesa. Del mismo modo, en la imagen retiniana partes de la alfombra están ocultas detrás de la mesa y, sin embargo, usted la percibe como un rectángulo único y completo. De hecho, si pensamos en las diferencias entre los objetos del entorno y sus imágenes en la retina, nos sorprenderíamos de lo bien que percibió usted la escena.

Las diferencias entre un objeto físico del mundo y su imagen óptica en la retina son tan profundas y tan importantes que los psicólogos las distinguen cuidadosamente como dos estímulos diferentes para la percepción. El objeto material del mundo se llama **estímulo distal** (distante del observador) y la imagen óptica en la retina se llama **estímulo proximal** (cercano al observador).

Ahora podemos enunciar con mayor brevedad el punto crucial de nuestra investigación: lo que queremos percibir es el *estímulo distal* (el objeto real del entorno), pero el estímulo del que extraemos la información es el *estímulo proximal*: la imagen en la retina. Se puede considerar

que la principal tarea de cálculo de la percepción consiste en determinar el estímulo distal con la información contenida en el estímulo proximal. Lo mismo pasa en los otros ámbitos de la percepción. Para oír, tocar, gustar, etcétera, la percepción consta de procesos que toman información del estímulo proximal para señalar propiedades del estímulo distal.

Para explicar cómo encajan el estímulo distal y proximal en las tres etapas de la percepción, examinemos uno de los objetos de la escena de la figura 4.1: el cuadro que cuelga de la pared. En la etapa sensorial, el cuadro corresponde a un trapecio plano en la retina. Los lados superior e inferior convergen hacia la derecha, mientras que el tamaño de los lados izquierdo y derecho varía. Éste es el estímulo proximal. En la etapa de organización perceptual, vemos el trapecio como un rectángulo proyectado en el espacio tridimensional. Percibimos que los lados superior e inferior son paralelos pero que se alejan hacia la derecha. Percibimos que los lados izquierdo y derecho miden lo mismo. Los procesos perceptuales han establecido una *hipótesis* firme acerca de las propiedades físicas del estímulo distal. Ahora se necesita una identidad. En la etapa de reconocimiento, identificamos este objeto rectangular como un cuadro. En la **figura 4.2**, el diagrama de flujo ilustra la secuencia de los acontecimientos. Los procesos que trasladan información de una etapa a la siguiente se indican como flechas entre los recuadros. Al final del capítulo explicaremos las relaciones recíprocas que se señalan en la figura.

◆ REALIDAD, AMBIGÜEDAD E ILUSIONES

Definimos la tarea de percibir como la identificación del estímulo distal a partir del estímulo proximal. Antes de pasar a los mecanismos perceptuales con los que se cumple esta tarea, quisiéramos extender nuestra explicación de otros aspectos de los estímulos del ambiente que complican la percepción: los estímulos *ambiguos* y las *ilusiones* perceptuales.

AMBIGUEDAD

Una de las metas principales de la percepción es una "detección" correcta del mundo. La supervivencia depende de tener percepciones correctas de los objetos y hechos del entorno (¿eso que se mueve entre los árboles es un tigre?), lo que no siempre es fácil interpretar. El concepto de **ambigüedad** es importante para entender la percepción porque hace patente que una sola imagen del plano sensorial puede originar *múltiples interpretaciones* en los planos de la percepción y la identificación.

En la **figura 4.3** se proporcionan dos ejemplos de figuras ambiguas, las cuales aceptan dos interpretaciones cla-

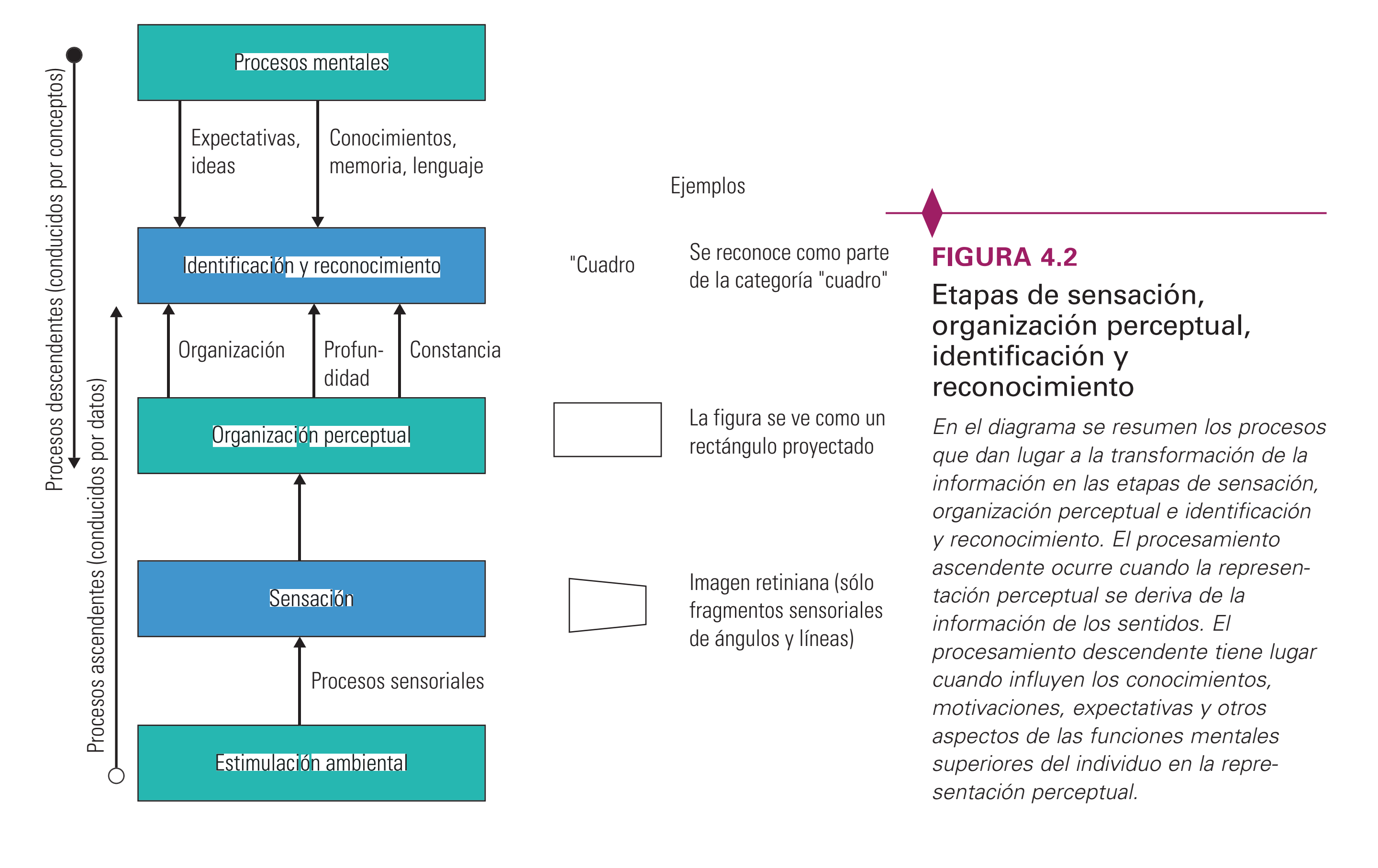


FIGURA 4.2
Etapas de sensación, organización perceptual, identificación y reconocimiento

En el diagrama se resumen los procesos que dan lugar a la transformación de la información en las etapas de sensación, organización perceptual e identificación y reconocimiento. El procesamiento ascendente ocurre cuando la representación perceptual se deriva de la información de los sentidos. El procesamiento descendente tiene lugar cuando influyen los conocimientos, motivaciones, expectativas y otros aspectos de las funciones mentales superiores del individuo en la representación perceptual.

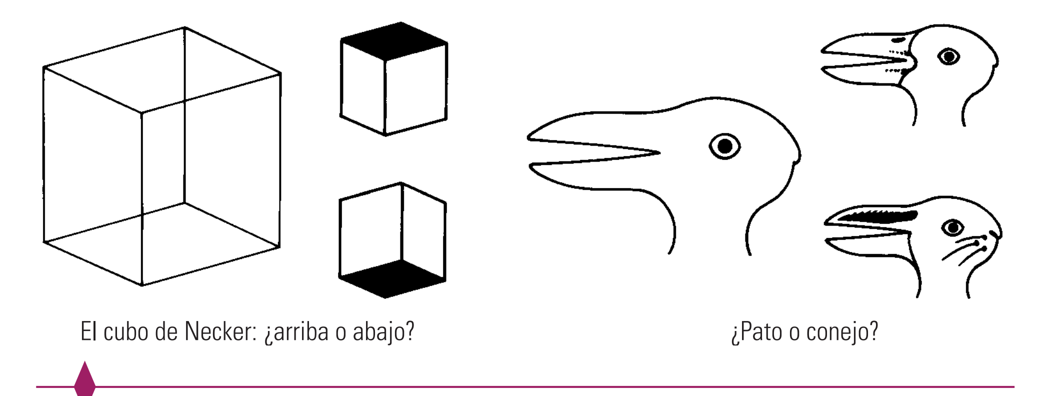


FIGURA 4.3

Ambigüedades de la percepción

Cada ejemplo acepta dos interpretaciones, pero uno no puede percibirlas al mismo tiempo. ¿Observa que su percepto alterna entre las dos posibilidades?

ras pero excluyentes. Observe las imágenes hasta que vea las dos interpretaciones. Advierta que cuando las ve, su percepción alterna una y otra vez al momento de fijar su mirada en las figuras ambiguas. Esta *inestabilidad* perceptual de las figuras ambiguas es una de sus características más importantes.

El cubo de Necker presenta una ambigüedad en la etapa de organización perceptual. Tenemos dos percepciones de los mismos objetos en el entorno. Esta figura puede verse como un cubo hueco sólido hacia abajo a la izquierda del observador o hacia arriba a la derecha. Las alternativas ambiguas son diferentes ubicaciones del objeto en el espacio tridimensional y las dos proceden de la imagen del mismo estímulo.

La figura del pato conejo es un ejemplo de ambigüedad en la etapa de reconocimiento. En ambas interpretaciones se percibe como la misma forma física. La ambigüedad surge al determinar la clase de objeto que representa y cuál es la mejor manera de clasificarlo, dado que la información es mixta.

Muchos artistas destacados se han valido de la ambigüedad perceptual como medio creativo esencial de sus obras. En la **figura 4.4** se presenta la obra de Salvador Dalí *Mercado de esclavos con el busto invisible de Voltaire.* La obra manifiesta una compleja ambigüedad en la que toda una sección de la pintura debe ser reorganizada y reinterpretada radicalmente para tener la percepción del busto "oculto" del filósofo y escritor francés Voltaire. El cielo blanco tras el arco más bajo es la frente y el cabello de Voltaire, las partes blancas de los vestidos de las dos damas son las mejillas, nariz y barbilla (si tiene dificultades para verlo, entrecierre los ojos, aleje el libro a toda la extensión del brazo o quítese los anteojos). Después, una vez que haya percibido el busto de Voltaire en la pintura, nunca podrá volver a verla sin saber dónde se oculta el francés.

Una de las propiedades más fundamentales de la percepción humana normal es la tendencia a transformar la ambigüedad y la incertidumbre del medio en una interpretación clara con la que se pueda actuar con confianza. En un mundo lleno de variación y cambio, el sistema perceptual debe enfrentar las dificultades para descubrir lo invariable y lo estable.



FIGURA 4.4

La ambigüedad en el arte

Esta pintura de Salvador Dalí se llama Mercado de esclavos con el busto invisible de Voltaire. *¿Sabe dónde está Voltaire? Dalí es uno de muchos artistas modernos y contemporáneos que se valieron de la ambigüedad en sus obras.*

ILUSIONES

Los estímulos ambiguos plantean al sistema perceptual la dificultad de reconocer una figura entre varias posibilidades. Una u otra interpretación del estímulo es correcta o incorrecta con respecto a un contexto particular. Cuando los sistemas perceptuales de hecho nos engañan para que tengamos la experiencia de un estímulo de una manera que es evidentemente incorrecta, tenemos una **ilusión**. La palabra *ilusión* viene del latín *ilussio, ilussionis,* del verbo *illudere,* "burlarse". Las ilusiones ocurren a todas las personas en la misma situación perceptual porque tenemos la misma fisiología de los sistemas sensoriales y experiencias comunes del mundo. (Como explicaremos en el capítulo 5, esto distingue a las ilusiones de las alucinaciones, que son distorsiones perceptuales particulares que experimentan individuos como resultado de estados físicos o mentales inusitados). Examine las ilusiones clásicas de la **figura 4.5.** Aunque lo más práctico es ejemplificar con ilusiones visuales, también las hay de los otros sentidos, como el oído (Bregman, 1981; Saberi, 1996; Shepard y Jordan, 1984) y el gusto (Todrank y Bartoshuk, 1991).

ILUSIONES EN LA VIDA DIARIA

Las ilusiones también son una parte básica de la vida diaria. Consideremos nuestra experiencia cotidiana en el planeta que es nuestro hogar, la Tierra. Vemos al Sol "sa-

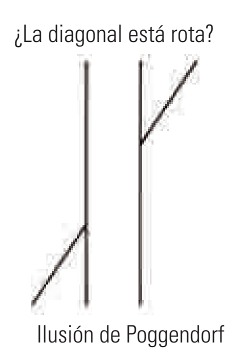
A. Use una regla para contestar las preguntas.

¿Qué es más larga, el ala o la copa del sombrero?



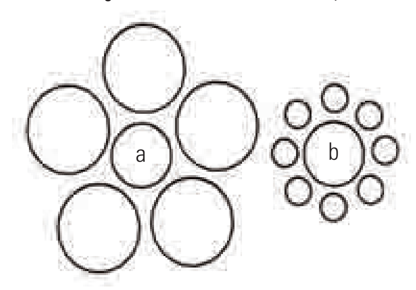
Ilusión del sombrero de copa

¿La diagonal está rota?



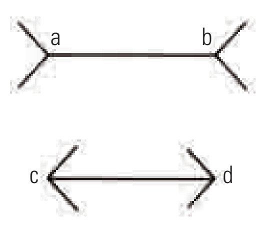
Ilusión de Poggendorf

¿Qué círculo central es mayor?



Ilusión de Ebbinghaus

¿Qué línea horizontal es más larga?





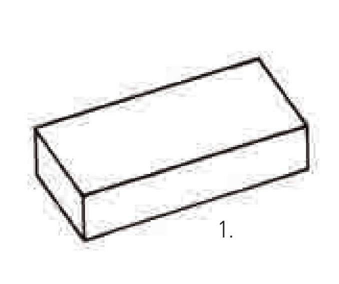
c d

Ilusión de Müller-Lyer

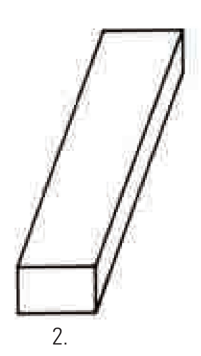
¿Las líneas verticales son paralelas?

Ilusión de Zöllner

B. ¿Cuál de las cajas tiene el mismo tamaño que la caja estándar? ¿Cuál es sin lugar a dudas mayor o menor? Mídalas para descubrir un poderoso efecto ilusorio.



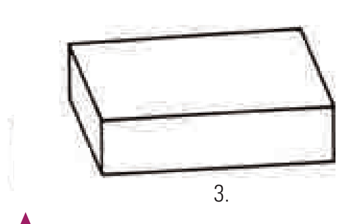
1.



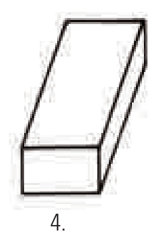
2.



Estándar



3.



4.

FIGURA 4.5

Cinco ilusiones para tomarle el pelo a su encéfalo

Estas ilusiones representan circunstancias en las que la percepción es patentemente incorrecta. Los investigadores recurren a las ilusiones para verificar sus teorías. Estas teorías explican por qué los sistemas perceptuales, que en general funcionan muy bien, dan lugar a ilusiones en circunstancias particulares.

lir" y "ponerse" aunque sabemos con la certeza de siempre que está fijo en el centro del sistema solar. Sólo de esta manera entendemos la extraordinaria hazaña de valor de Cristóbal Colón y otros viajeros para negar la ilusión de que la Tierra era plana y navegar hacia las aparentes orillas. Del mismo modo, cuando la Luna está alta parece seguirnos, aunque sabemos que la luna no anda tras nosotros. Lo que experimentamos es la ilusión creada por la gran distancia de los ojos y la luna. Cuando los rayos de la luna llegan a la Tierra, son casi paralelos y perpendiculares a la dirección en que nos trasladamos, adonde sea que vayamos.

La gente puede controlar las ilusiones para conseguir los efectos deseados. Arquitectos y diseñadores de interiores aplican los principios de la percepción para crear objetos en el espacio que parezcan mayores o menores de lo que son. Un departamento pequeño se vuelve más espacioso si está pintado con colores claros y con escasos sillones, sillas y mesas bajas y pequeñas en el centro de las habitaciones, y no contra los muros. Los psicólogos del programa espacial estadounidense de la NASA han investigado los efectos del ambiente en la percepción con el fin de diseñar cápsulas espaciales que tengan cualidades sensoriales agradables. Los directores de escena e iluminadores de películas y puestas teatrales crean a propósito ilusiones en las cintas y los escenarios.

A pesar de todas estas ilusiones (algunas más útiles que otras), por lo regular nos desenvolvemos bastante bien en el mundo. Por esa razón los investigadores estudian las ilusiones para explicar por qué la percepción opera tan bien. Como tales, las ilusiones revelan que los sistemas perceptuales no realizan a la perfección la tarea de recuperar el estímulo distal a partir del estímulo proximal.

Ahora usted tiene una visión general de los procesos sensoriales y perceptuales y algunas de las dificultades que enfrentan estos procesos. Comencemos a estudiarlos con más profundidad.

PÓNGASE A PRUEBA

- ¿Cuáles son las principales etapas del proceso general de la percepción?
- ¿Cuál es la relación entre el estímulo proximal y el distal?
- ¿Cómo muestran los estímulos ambiguos y las ilusiones algunas dificultades que enfrentan los procesos sensoriales y perceptuales con respecto a los estímulos externos?

Conocimiento sensorial del mundo

Nuestra experiencia de la realidad externa debe ser relativamente precisa y sin errores. De otra manera, no sobreviviríamos. Necesitamos comida para mantenernos, refugio para protegernos, trato con los demás para satisfacer necesidades sociales y conciencia del peligro para evitar daños. Para cubrir estas necesidades, tenemos que conseguir información confiable del mundo. En las primeras investigaciones psicológicas referentes a la sensación se examinaba la relación entre los hechos del medio y la experiencia de tales hechos.

PSICOFÍSICA

¿A qué volumen debe sonar la alarma contra incendios de una fábrica para que la escuchen los obreros por encima del estrépito de la maquinaria? ¿Cuánto debe brillar una luz de advertencia en el panel de control del piloto para que sea dos veces más brillante que las otras luces? ¿Cuánta azúcar hay que poner en una taza de café para que comience a saber dulce? Para responder a estas cuestiones, se debe poder medir la intensidad de las experiencias sensoriales. Ésta es la tarea central de la **psicofísica,** el estudio de la relación entre los estímulos físicos y el comportamiento o las experiencias mentales que incitan los estímulos.

El personaje más importante de la historia de la psicofísica fue el físico alemán **Gustav Fechner** (1801-1887), quien acuñó el término *psicofísica* y ofreció un conjunto de procedimientos para relacionar la intensidad de un estímulo físico (medido en unidades físicas) con la magnitud de la experiencia sensorial (medida en unidades psicológicas; Fechner, 1860/1966). Las técnicas de Fechner son las mismas sin importar que los estímulos sean luces, sonidos, sabores, olores o texturas: los investigadores determinan umbrales y elaboran escalas psicofísicas en las que se relacione la intensidad de la sensación con la fuerza del estímulo.

UMBRALES ABSOLUTOS Y ADAPTACIÓN SENSORIAL

¿Cuál es la mínima y más débil energía que detecta un organismo? ¿Qué tan tenue puede ser un tono y seguir siendo audible? Estas preguntas se refieren al **umbral absoluto** de la estimulación: la menor energía física requerida para producir una experiencia sensorial. Para medir los umbrales absolutos, los investigadores piden a observadores atentos que realicen tareas de detección, como tratar de ver una luz tenue en un lugar oscuro o intentar oír un sonido suave en un lugar silencioso. En numerosos ensayos el estímulo se presenta con diversas intensidades y en cada en-



¿Escucha el sonido? La evaluación del oído se hace con una prueba de umbral absoluto. ¿Por qué estas pruebas requieren tantas repeticiones?

sayo los observadores indican si lo detectan (si le han practicado un examen de capacidad auditiva, participó en una prueba de umbral absoluto).

Es posible resumir los resultados de un estudio de umbral absoluto en una **función psicométrica:** una gráfica que muestra el porcentaje de detecciones (graficada sobre el eje vertical) y las intensidades del estímulo (graficadas en el eje horizontal). En la **figura 4.6** se encuentra una función psicométrica ordinaria. Con las luces más tenues, la detección es de cero por ciento; con las más brillantes, de 100 por ciento. Si hubiera un único umbral absoluto verdadero, esperaríamos que la transición de cero a 100 por ciento fuera muy marcada, justo en el punto en que la intensidad alcanzara el umbral. Pero esto no ocurre por dos razones, cuando menos: porque los observadores cambian un poco cada vez que tratan de detectar un estímulo (ya que se modifica su atención, estado de fatiga, etcétera) y porque a veces responden cuando no hay estímulo (un caso de falsa alarma, que expondremos adelante, cuando expliquemos la teoría de la detección de señales). Así, la curva psicométrica adopta la forma de una *S*, con una región de transición de la falta de detección a la detección ocasional y la detección todas las veces.

Como un estímulo no se vuelve de repente detectable de forma clara todas las veces que aparece con determinada intensidad, la definición operacional de umbral absoluto es: *nivel del estímulo al que una señal sensorial se detecta la mitad de las veces.* Los umbrales de los sentidos se miden con el mismo procedimiento, con sólo cambiar la dimensión del estímulo. En la **tabla 4.1** se indican los umbrales absolutos de varios estímulos naturales conocidos.

Aunque es posible identificar umbrales absolutos para detección, también es importante advertir que los sistemas sensoriales son más sensibles a los *cambios* del entorno sensorial que a los estados constantes. Los sistemas evolucionaron para favorecer los datos sensoriales nuevos antes que los viejos mediante un proceso llamado *adaptación.* La **adaptación sensorial** es la reducción de la sensibilidad a la entrada prolongada de un estímulo. Por ejemplo, habrá notado que el atardecer es menos cegador luego de un rato al aire libre. En general, las personas tenemos nuestras experiencias de adaptación más afortunadas en el ámbito del olfato: entramos en una habitación y algo huele muy mal; sin embargo, con el tiempo, cuando el sistema olfativo se adapta, el olor escapa a la conciencia. El ambiente siempre está lleno de una gran diversidad de estimula-

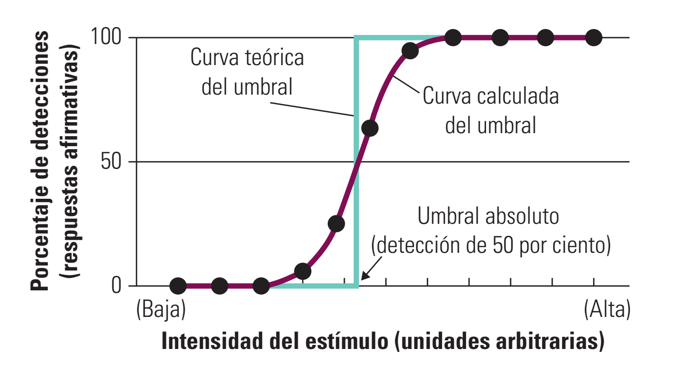


FIGURA 4.6

Cálculo de umbrales absolutos

Como un estímulo no se vuelve detectable repentinamente en cierto punto, el umbral absoluto se define como la intensidad a la que dicho estímulo se detecta la mitad de las veces en muchos ensayos.



TABLA 4.1

Umbrales absolutos de acontecimientos familiares

Modalidad sensorial	Umbral de detección
Luz	Vela vista a 50 kilómetros en una noche oscura despejada
Sonido	Mecanismo de un reloj en condiciones de silencio a seis metros
Gusto	Cucharada de azúcar en 7.5 litros de agua
Olor	Gota de perfume difundida en todo el volumen de un departamento de tres habitaciones
Tacto	El ala de una abeja que cae sobre la mejilla a una altura de un centímetro

ción sensorial. El mecanismo de la adaptación nos deja advertir y reaccionar de forma más rápida a los desafíos de las nuevas fuentes de información.

SESGO DE LA RESPUESTA Y TEORÍA DE LA DETECCIÓN DE SEÑALES

En lo que hemos expuesto hasta aquí supusimos que todos los observadores son iguales. Sin embargo, también influye en la medición de umbrales el **sesgo de la respuesta**, que es la tendencia de un observador a favorecer una respuesta particular por obra de factores que no se relacionan con las características sensoriales del estímulo. Por ejemplo, supongamos que usted está en un experimento en el que tiene que detectar una luz débil. En la primera fase del experimento, el investigador le da cinco dólares cuando atina al decir que había una luz. En la segunda fase, le entrega cinco dólares cuando acierta al decir que no había una luz. En cada fase lo castiga con dos dólares cada vez que no atina. ¿Se da cuenta de que esta estructura de recompensas desplazaría el sesgo de la respuesta de la primera a la segunda fase? ¿Acaso no daría más respuestas afirmativas en la primera fase, con el mismo grado de certeza de que el estímulo estaba presente?

La **teoría de la detección de señales (TDS)** es una metodología sistemática para abordar el problema del sesgo de la respuesta (Green y Swets, 1966). En lugar de enfocarse estrictamente en los procesos sensoriales, la teoría destaca el proceso de hacer un *juicio* referente a la presencia o la ausencia de estímulos. Si en la psicofísica tradicional se conceptúa un único umbral absoluto, en la TDS se identifican dos procesos de detección sensorial: 1) un *proceso sensorial* inicial, que manifiesta la sensibilidad del observador a la intensidad del estímulo, y 2) un *proceso de decisión* subsiguiente, que manifiesta los sesgos de respuesta del observador.



Si rechaza una invitación a cenar, ¿se ahorra una velada aburrida (rechazo correcto) o sacrifica la posibilidad de conocer al amor de su vida (un fallo)?

La TDS ofrece un procedimiento para evaluar a un tiempo los procesos sensoriales y los procesos de decisión. De hecho, el procedimiento de medición es una extensión de la idea de los ensayos por tanteos. El esquema básico se proporciona en la **figura 4.7**. Se presenta un estímulo débil en la mitad de los ensayos; en la otra mitad no se presentan estímulos. En cada ensayo, los observadores contestan *sí* cuando piensan que está presente la señal y *no* si creen que no está. Como se muestra en la matriz A de la figura, las respuestas se clasifican como acierto, falla, falsa alarma o rechazo correcto, dependiendo de que la

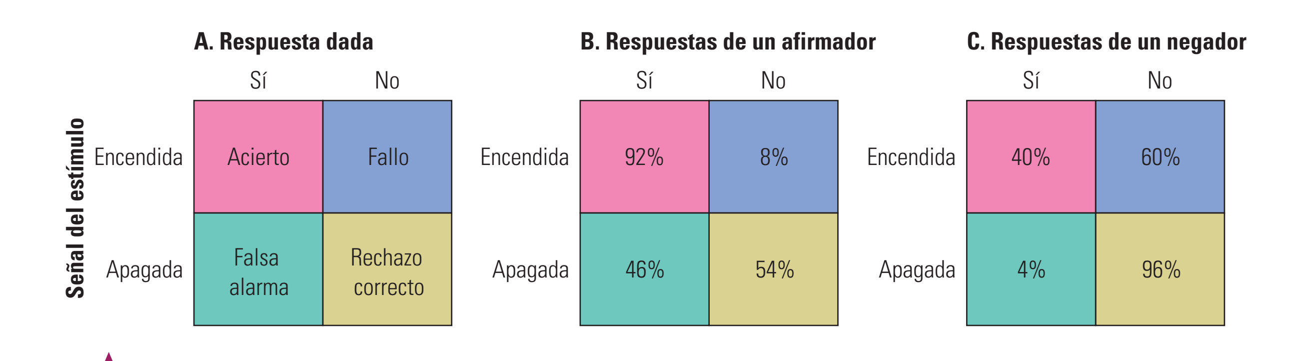


FIGURA 4.7

Teoría de la detección de señales

En la matriz A se muestran los posibles resultados cuando se pregunta a un sujeto si se presentó el estímulo previsto en determinado ensayo. Las matrices B y C muestran las respuestas habituales de un afirmador (que tiende a decir sí) y un negador (que se inclina a decir no).

señal se haya presentado y de que el observador responda acertadamente.

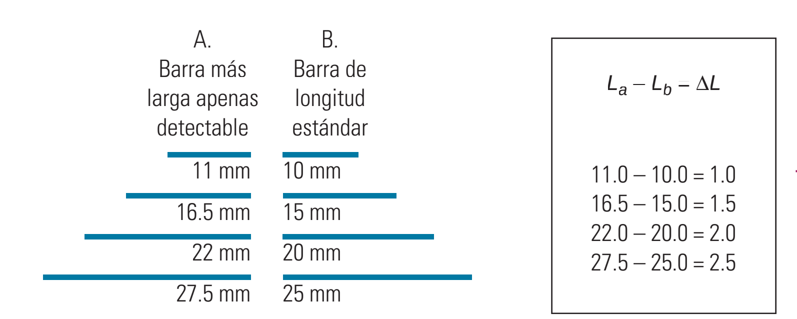
El observador que es un *afirmador* (que siempre dice *sí*) tendrá muchos aciertos pero también muchas falsas alarmas, como se muestra en la matriz B. Un *negador* (que siempre dice *no*) tendrá pocos aciertos y menos falsas alarmas, como se aprecia en la matriz C. Los investigadores, para trabajar con los porcentajes de aciertos y falsas alarmas, aplican métodos matemáticos con los que calculan medidas separadas de la sensibilidad y los sesgos en las respuestas de los observadores. Con esta metodología averiguan si dos observadores tienen la misma sensibilidad a pesar de diferencias significativas en el criterio de respuesta. Al proporcionar una manera de separar el proceso sensorial del sesgo de la respuesta, la teoría de la detección de señales permite al experimentador identificar y separar la función del estímulo sensorial y el criterio del individuo para dar su respuesta definitiva.

UMBRALES DIFERENCIALES

Imaginemos que lo contrataron en una refresquera que quiere hacer un producto de cola que sepa más dulce que las colas comunes pero (para ahorrar dinero), la compañía pretende que el azúcar adicional que ponga en el refresco sea la menor posible. Le pidieron que midiera un **umbral diferencial**, la menor diferencia física entre dos estímulos que se reconoce como tal, como diferencia. Para medir un umbral diferencial, usted aplica pares de estímulos y le pregunta a sus sujetos si creen que los dos estímulos son iguales o diferentes.

En el problema de la bebida, le daría a los sujetos dos refrescos de cola en cada ensayo, uno con alguna fórmula estándar y otro un poco más dulce. Con cada par, el individuo diría *igual* o *diferente*. Después de muchos ensayos, usted graficaría una función psicométrica con el porcentaje de las respuestas *diferentes* en el eje vertical, como función de las diferencias reales, indicadas en el eje horizontal. La definición operacional del umbral diferencial es la siguiente: el *punto en que dos estímulos se reconocen como diferentes la mitad de las veces*. El valor de este umbral diferencial se denomina **diferencia apenas perceptible (DAP).** La DAP es una unidad cuantitativa para medir la magnitud de la diferencia psicológica entre dos sensaciones.

En 1834, **Ernst Weber** fue el pionero en el estudio de las DAP y descubrió la relación fundamental que ilustramos en la **figura 4.8.** Esta relación se sintetiza en la **ley de Weber:** *La DAP entre estímulos es una fracción constante de la intensidad del estímulo estándar.* Así, cuanto mayor o más intenso sea el estímulo estándar, más significativo será el incremento que se requiera para dar una diferencia apenas perceptible. La fórmula de la ley de Weber es $\Delta I/I = k$, en la que I es la intensidad del estímulo estándar, ΔI (delta I) es la magnitud del incremento que produce una DAP. Weber descubrió que las dimensiones de los estímulos tienen un valor característico para esta proporción. En esta fórmula, k es esa proporción, la *constante de Weber* de la dimensión particular del estímulo. La ley de Weber brinda una buena aproximación, aunque no una correspondencia exacta con los datos experimentales, del incremento en la magnitud de la DAP con la intensidad (cuan-



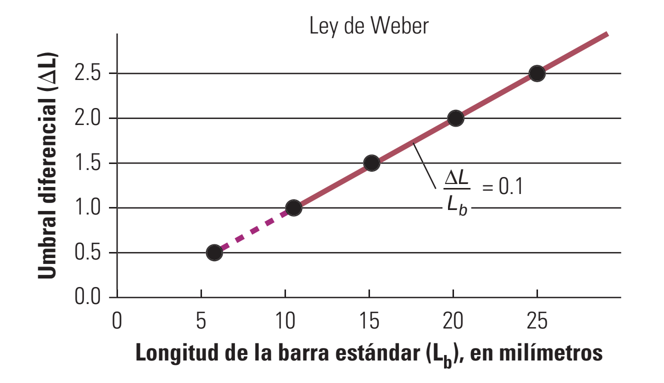


FIGURA 4.8

Diferencias apenas perceptibles y ley de Weber

Supongamos que usted realiza un experimento en el que pide a los sujetos que decidan si dos barras tienen o no tienen la misma longitud. Cuanto mayor sea la barra estándar, mayor la cantidad que debe añadir (ΔL) para detectar una diferencia apenas perceptible. El umbral diferencial es la longitud añadida que se detecta en la mitad de los ensayos. Cuando estos incrementos se grafican con barras estándares de longitud creciente, las proporciones se mantienen constantes: la parte añadida siempre es de un décimo de la longitud estándar. La relación es lineal, lo que produce una recta en la gráfica. Podemos predecir que ΔL de una barra de cinco de longitud será 0.5.

do la intensidad del estímulo es en extremo elevada, surgen más problemas con esta ley).

Como se observa en la **tabla 4.2**, la constante de Weber (*k*) tiene valores diferentes para las dimensiones sensoriales: valores pequeños significan que las personas pueden detectar diferencias menores. Por tanto, la tabla indica que uno distingue dos frecuencias sonoras con mayor precisión que las intensidades luminosas, las que a su vez se distinguen con una DAP menor que las diferencias de olores o sabores. La compañía refresquera necesitaría una cantidad relativamente grande de azúcar adicional para producir una diferencia perceptible en el refresco de cola más dulce.

◆ DE LOS HECHOS FÍSICOS A LOS HECHOS MENTALES

En nuestra revisión de la psicofísica usted ha cobrado conciencia del misterio central de la sensación: ¿de qué manera la energía física origina experiencias psicológicas particulares? ¿Cómo, por ejemplo, las longitudes de onda de la luz incitan nuestra experiencia de un arco iris? Antes de considerar sentidos particulares, queremos darle una panorámica del flujo de información de los hechos físicos (ondas de luz y sonido, sustancias químicas complejas, etcétera) a los hechos mentales (sus experiencias de luces, sonidos, gustos y olores).

La conversión de una forma de energía física, como la luz, a otra, por ejemplo los impulsos nerviosos, se llama **transducción.** Como toda la información sensorial se convierte en formas idénticas de impulsos nerviosos, el encéfalo distingue las experiencias sensoriales dedicando zonas especiales de la corteza a cada sentido. Con cada sentido, los investigadores tratan de descubrir la manera en que la transducción de energía física en la actividad electroquímica del sistema nervioso origina sensaciones de diferente cualidad (rojo en lugar de verde) y cantidad (fuerte en lugar de suave).



TABLA 4.2

Valores de la constante de Weber para dimensiones elegidas de estímulos

Dimensión del estímulo	Constante de Weber (*k*)
Frecuencia del sonido	0.003
Intensidad de la luz	0.01
Concentración del olor	0.07
Intensidad de la presión	0.14
Intensidad del sonido	0.15
Concentración del sabor	0.20

Los sistemas sensoriales comparten el mismo flujo básico de información. Lo que pone en marcha a cualquier sistema sensorial es la detección de un hecho del medio, un *estímulo*. Los estímulos del ambiente se detectan por medio de **receptores sensoriales** especializados que convierten la forma física de la señal sensorial en señales celulares que el sistema nervioso puede procesar. Estas señales celulares llevan información a las neuronas de nivel superior que la integran mediante diversas unidades detectoras. En esta etapa, las neuronas toman la información referente a las cualidades básicas del estímulo, como su tamaño, intensidad, forma y distancia. A mayor profundidad de los sistemas sensoriales, la información se combina en códigos cada vez más complicados que se transmiten a zonas específicas de la corteza sensorial y de asociación del encéfalo.

Ahora pasemos a los sentidos particulares.

PÓNGASE A PRUEBA

- ¿Cuál es el principal objetivo del campo de la psicofísica?
- ¿Cómo se miden umbrales absolutos y diferenciales?
- ¿Cómo explica la teoría de la detección de señales las diferencias en el desempeño de las personas en tareas de detección?
- ¿Qué funciones tiene la transducción en los procesos sensoriales?

Sistema visual

La visión es el sentido más complejo, desarrollado e importante de los seres humanos y de la mayoría de las criaturas móviles. Los animales con buena vista tienen una ventaja evolutiva enorme. La buena visión sirve para detectar desde lejos a presas y depredadores. La vista nos permite apreciar los cambios en las características del medio físico y adaptar nuestra conducta según convenga. Es el sentido más estudiado.

◆ EL OJO HUMANO

El ojo es la cámara cinematográfica del mundo para el encéfalo (ver la **figura 4.9**). Una cámara ve el mundo a través de la lente que capta y enfoca la luz. El ojo también capta y enfoca la luz. La luz entra en la *córnea*, una protuberancia transparente en el frente del ojo. En seguida

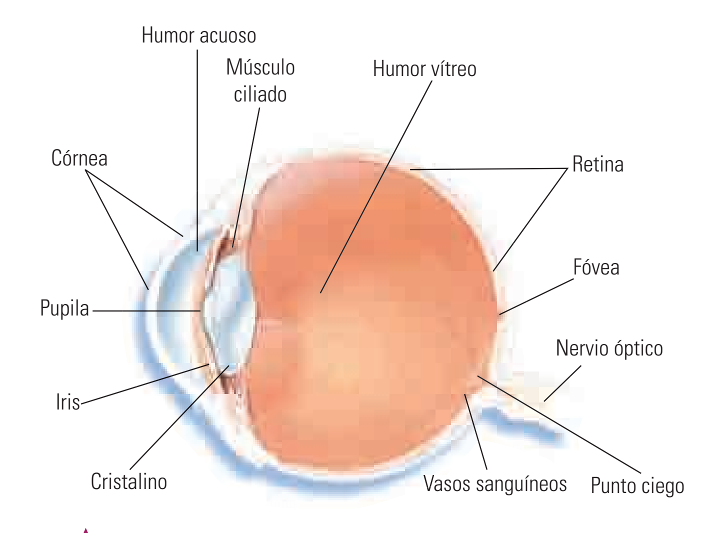


FIGURA 4.9
Anatomía del ojo humano

La córnea, la pupila y el cristalino enfocan la luz sobre la retina. El nervio óptico lleva al encéfalo las señales nerviosas de la retina.

pasa por la *cámara anterior*, que está llena de un líquido claro llamado *humor acuoso.* La luz atraviesa una abertura en el iris opaco: la pupila. Para enfocar una cámara, uno acerca o aleja la lente del objeto contemplado. Para enfocar la luz en el ojo, el *cristalino* modifica su forma de modo que se hace delgado para enfocar objetos distantes y grueso para enfocar los cercanos. Para controlar la cantidad de luz que entra a la cámara, uno varía la apertura de la lente. En el ojo, el disco muscular del iris cambia el tamaño de la pupila, la apertura por la que la luz penetra en el globo ocular. En el fondo de la cámara se encuentra la película fotosensible que registra las variaciones luminosas que cruzaron la lente. Del mismo modo, en el ojo la luz pasa por el *humor vítreo* y alcanza la *retina,* una capa delgada que reviste el fondo del globo ocular.

Como se aprecia, estas características de una cámara y del ojo son muy semejantes. Ahora vamos a examinar con más detalle los componentes del proceso de la visión.

PUPILA Y CRISTALINO

La pupila es la apertura del iris por la que pasa la luz. El iris dilata o contrae la pupila para controlar la cantidad de luz que entra en el globo ocular. El cristalino enfoca en la retina la luz que pasa por la pupila. En este proceso, el cristalino invierte el haz luminoso. El cristalino es en especial importante por su capacidad de variar el enfoque de objetos cercanos y lejanos. En la **acomodación,** los músculos ciliados cambian el grosor del cristalino y, con ello, las propiedades ópticas.

El alcance de enfoque de las personas con acomodación normal va de alrededor de 7.6 centímetros frente a la nariz hasta donde se pierde la vista. Pero muchas personas tienen problemas de acomodación. Por ejemplo, las personas de vista corta tienen una extensión de la acomodación desplazada hacia ellas, con el resultado de que no pueden enfocar los objetos distantes. Por su parte, en los hipermétropes la extensión de la acomodación está alejada de ellos, de modo que no enfocan de manera normal los objetos cercanos. El envejecimiento también trae problemas de acomodación. El cristalino es al principio una lente clara, transparente y convexa; al envejecer, se vuelve ambarino, opaco y aplanado y pierde su elasticidad. El efecto de estos cambios es que ya no puede engrosarse lo suficiente para ver de cerca. Cuando las personas rebasan los 45 años, el *punto cercano* (el punto más próximo al que pueden enfocar con claridad) se aleja paulatinamente.

RETINA

Vemos con los ojos pero miramos con el encéfalo. El ojo capta la luz, la enfoca y envía al encéfalo una señal nerviosa. Por consiguiente, la función crucial del ojo es convertir la información acerca del mundo de ondas luminosas en señales nerviosas. Esto ocurre en la **retina**, en el fondo del ojo. Bajo el microscopio se observa que la retina tiene varias capas muy organizadas de diversas neuronas.

En la retina, la conversión básica de energía luminosa en respuestas nerviosas la realizan los *conos* y los *bastones,* células receptoras sensibles a la luz. Estos **fotorreceptores** están situados sólo en el sistema visual entre el mundo externo, inundado de luz, y el mundo interno del procesamiento nervioso. Como uno se halla unas veces en



La agudeza visual permite a los depredadores detectar a la distancia a sus posibles presas. ¿Qué funciones proporcionó la evolución al sistema visual humano?

la casi oscuridad y otras en la luz brillante, la naturaleza ha provisto dos formas de procesar la luz, bastones y conos (ver la **figura 4.10**). Los 120 millones de **bastones** diminutos funcionan mejor en la casi oscuridad. Los siete millones de **conos** se especializan en operar durante el día brillante y colorido.

En la experiencia cotidiana, distinguimos entre las funciones de bastones y conos cada vez que apagamos la luz para dormirnos. Habrá notado muchas veces que al principio uno no ve muy bien en la luz tenue que queda, pero con el tiempo la sensibilidad visual se recupera. Se trata del proceso de **adaptación a la oscuridad,** es decir, la mejora gradual de la sensibilidad del ojo después de un cambio de iluminación de la luz a la oscuridad. La adaptación ocurre cuando, con el paso del tiempo, los bastones se hacen más sensibles que los conos y responden mejor a la luz reducida del ambiente.

Cerca del centro de la retina se encuentra una pequeña región llamada **fóvea**, que sólo contiene una gran densidad de conos, sin ningún bastón. La fóvea es la zona de la vista más aguda, donde se detectan con más precisión tanto colores como detalles espaciales. Otras células de la retina se encargan de integrar la información de las regiones de bastones y conos. Las **células bipolares** son células nerviosas que combinan impulsos de numerosos receptores y envían los resultados a las células ganglionares. Cada **célula ganglionar** integra los impulsos de una o más células bipolares en una sola tasa de disparo. Los conos de la fóvea envían impulsos a las células ganglionares de esa región, en tanto que, hacia la periferia de la retina, bastones y conos convergen en las mismas células bipolares y ganglionares. Los axones de las células ganglionares forman el nervio óptico, que lleva información visual del ojo al encéfalo.

Las **células horizontales** y las **células amacrinas** integran la información de la retina. Más que enviar las señales al encéfalo, las células horizontales conectan receptores, y las amacrinas unen las células bipolares a otras del mismo género y las células ganglionares con otras ganglionares.

Una curiosidad interesante del diseño anatómico de la retina está en el sitio donde el nervio óptico deja el ojo. Esta región, llamada disco óptico o *punto ciego,* no tiene ninguna célula receptora. No percibimos esa ceguera, salvo en circunstancias muy particulares, por dos razones: la primera es que los puntos ciegos de los dos ojos están colocados de manera que los receptores de un ojo registran lo que pierde el otro, y la segunda, es que el encéfalo "llena" la región con información sensorial apropiada del área circundante.

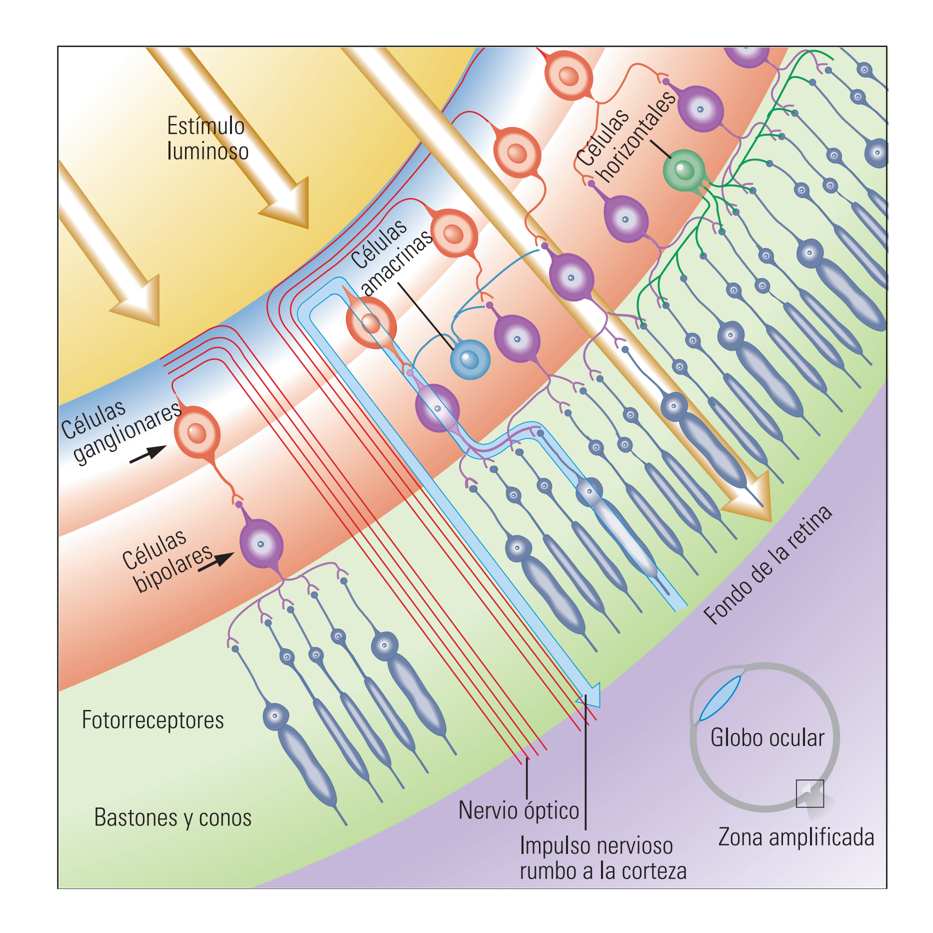


FIGURA 4.10

Vías de la retina

En este diagrama estilizado y muy simplificado se muestran las vías que conectan tres capas de células nerviosas en la retina. La luz pasa por todas estas capas para llegar a los receptores en el fondo del ojo, que se orientan en dirección contraria a la fuente de luz. Observe que las células bipolares reúnen impulsos de más de un receptor y envían el resultado a células ganglionares. Los impulsos nerviosos de estas células salen del ojo por el nervio óptico y viajan al siguiente punto intermedio.

Para encontrar el punto ciego, tiene que observar la **figura 4.11** en condiciones de observación muy especiales. Sostenga el libro a la distancia del brazo, cierre el ojo derecho y fije la mirada en la figura del banco con el ojo izquierdo, al tiempo que acerca lentamente el libro. Cuando el signo de pesos esté en el punto ciego, va a desaparecer, pero usted no experimentará ningún agujero en su campo visual, porque el sistema visual llena la zona con el blanco del fondo. Así, verá un blanco que no está ahí y dejará de ver sus pesos, que debería meter al banco antes que perderlos.

Como segunda demostración del punto ciego, siga las mismas instrucciones y enfoque el signo de más de la figura 4.11. Cuando acerca el libro a usted, ¿se da cuenta de que desaparece el espacio y que la línea se hace continua?

PROCESOS ENCEFÁLICOS

El destino último de mucha información visual es la parte del lóbulo occipital del encéfalo llamada **corteza visual.** Antes de llegar a esta corteza visual, la mayoría de la información que sale de la retina pasa por otras regiones del encéfalo. Trazaremos el camino que sigue la información visual.

Los millones de axones de las células ganglionares que forman cada **nervio óptico** se reúnen en el *quiasma óptico,* que recuerda la letra griega *x* (se pronuncia *ji*). Los axones de cada nervio óptico se dividen en dos grupos en el quiasma. La mitad de las fibras de la retina se quedan del lado del cuerpo en que se originaron. Los axones de la mitad interior cruzan la línea media en su viaje a la parte posterior del encéfalo (ver la **figura 4.12**).

Estos dos grupos de fibras, que ahora tienen axones de ambos ojos, cambian su nombre por el de *vías ópticas*. Las vías ópticas llevan al encéfalo información de los dos grupos de células. Las investigaciones respaldan la teoría de que el análisis visual se separa en vías de *reconocimiento de patrones* (cómo se ven las cosas) y *reconocimiento de lugares* (dónde están las cosas; Pasternak *et al.,* 2003; Rao *et al.,* 1997). Esta división de reconocimientos es un ejemplo de que el sistema visual consta de subsistemas que analizan aspectos distintos de la misma imagen retiniana. Aunque la percepción final es una escena visual unificada, una visión que se logra mediante multitud de







FIGURA 4.11

Encuentre su punto ciego

Para encontrar su punto ciego, sostenga el libro a la distancia de su brazo, cierre el ojo derecho y fije la vista del izquierdo en la figura del banco, al tiempo en que acerca lentamente el libro. Cuando el signo de pesos esté en su punto ciego, desaparecerá pero usted no percibirá ningún orificio en su campo visual. Del mismo modo, si sigue las mismas instrucciones enfocando el signo de más, la línea parecerá continua en el punto ciego. En ambos casos, el sistema visual llena el fondo con el blanco de la zona circundante y uno ve un "blanco" que no existe.

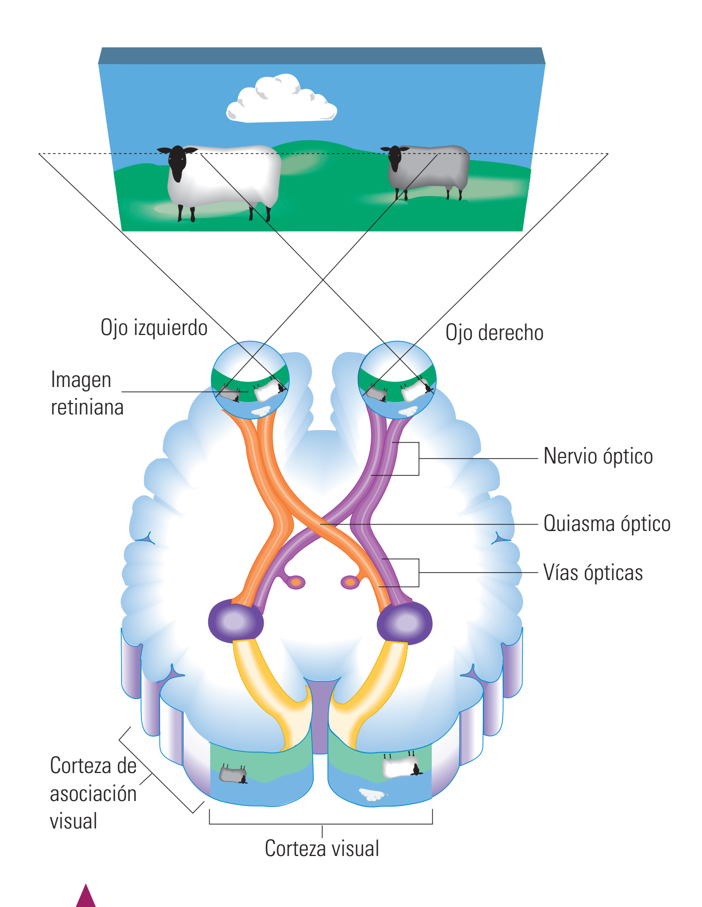


FIGURA 4.12

Vías del sistema visual humano

En el diagrama se indica cómo se proyecta la luz del campo visual en las dos retinas y las rutas por las que los mensajes nerviosos de éstas se transmiten a los centros visuales de cada hemisferio.

vías del sistema visual que, en condiciones normales, están coordinados de la manera más fina.

Los primeros trabajos referentes a cómo articula el sistema visual la información del mundo fueron realizados por **David Hubel** y **Torsten Wiesel,** fisiólogos estudiosos de la sensación, ganadores del premio Nobel en 1981 por sus investigaciones de los *campos receptivos* de las células de la corteza visual. El **campo receptivo** de una célula es la zona del campo visual del que recibe la estimulación. Como se aprecia en la **figura 4.13**, Hubel y Wiesel descubrieron que las células de diversos niveles del sistema visual respondían de forma más vigorosa a diferentes pautas de estimulación. Por ejemplo, un tipo de célula cortical (una célula *simple*) respondía con más intensidad a barras de luz en su orientación “preferida” (ver la figura 4.13). Las células *complejas* también tienen una orientación preferida, pero requieren que la barra además se mueva. Las células *hipercomplejas* requieren barras móviles de cierta longitud o que tengan esquinas o ángulos en movimiento. Las células proporcionan información a centros visuales superiores que al final son los que permiten al encéfalo reconocer los objetos del campo visual.

Los adelantos en las técnicas de imagenología que explicamos en el capítulo 3 han llevado a los investigadores a descubrir regiones de la corteza que son especialmente sensibles a imágenes ambientales cada vez más complejas.

LAS IDEAS PUESTAS A PRUEBA

Procesamiento visual del cuerpo humano

Estudie un momento su mano. Ahora concéntrese en otro objeto del lugar donde usted se encuentra. Si un equipo de investigadores tienen razón, una región de su cerebro se encendió y se apagó cuando usted cambió su atención de la mano (un miembro corporal) a un objeto de otra categoría (Downing *et al.,* 2001). Para comprobar esta hipótesis, los investigadores reunieron datos de IRMF con la variedad de ilustraciones que se muestran en la **figura 4.14**. Las imágenes encefálicas de IRMF demostraron que una región de la corteza en los límites entre los lóbulos occipital y temporal se activaba de forma selectiva con las imágenes del cuerpo humano (A a F). Las excepciones de este resultado fueron los rostros (G) y partes de rostros (M). Al parecer, otras regiones del encéfalo se ocupan de procesar los rostros humanos.

Los seres humanos son en particular importantes para otros seres humanos, lo que quizás explica por qué ciertas regiones del encéfalo se dedican a procesar rostros y cuerpos de personas. Sin embargo, los investigadores todavía no saben si dichas regiones cumplen esas funciones especiales al nacer o si son resultado de la experiencia en la vida.

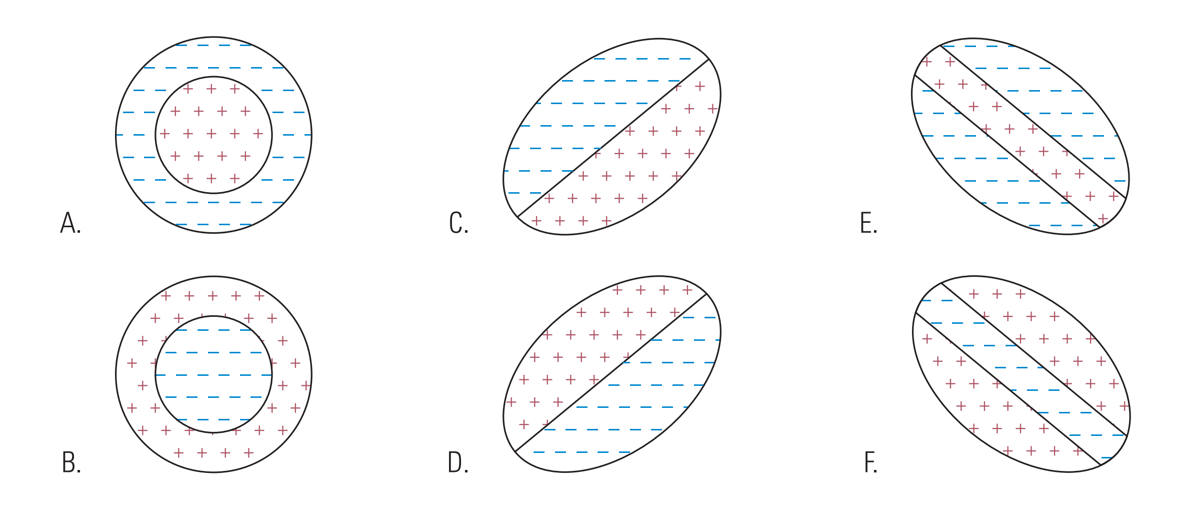


FIGURA 4.13

Campos receptivos de células ganglionares y corticales

El campo receptivo de una célula de la vía visual es la zona del campo visual de la que recibe estimulación. Los campos receptivos de las células ganglionares de la retina son circulares (A, B); los de las células más simples de la corteza visual se alargan en cierta dirección (C, D, E, F). En los dos casos, la célula que responde al campo receptivo es excitada por la luz en las regiones marcadas con signos de más e inhibida por la luz en las zonas marcadas con signos de menos. Además, el estímulo que más excita la célula es aquél en el que las zonas en que la luz es excitatoria (marcadas con el signo de más) están iluminadas, pero en las zonas en que la luz es inhibitoria (signo de menos) están en la oscuridad.

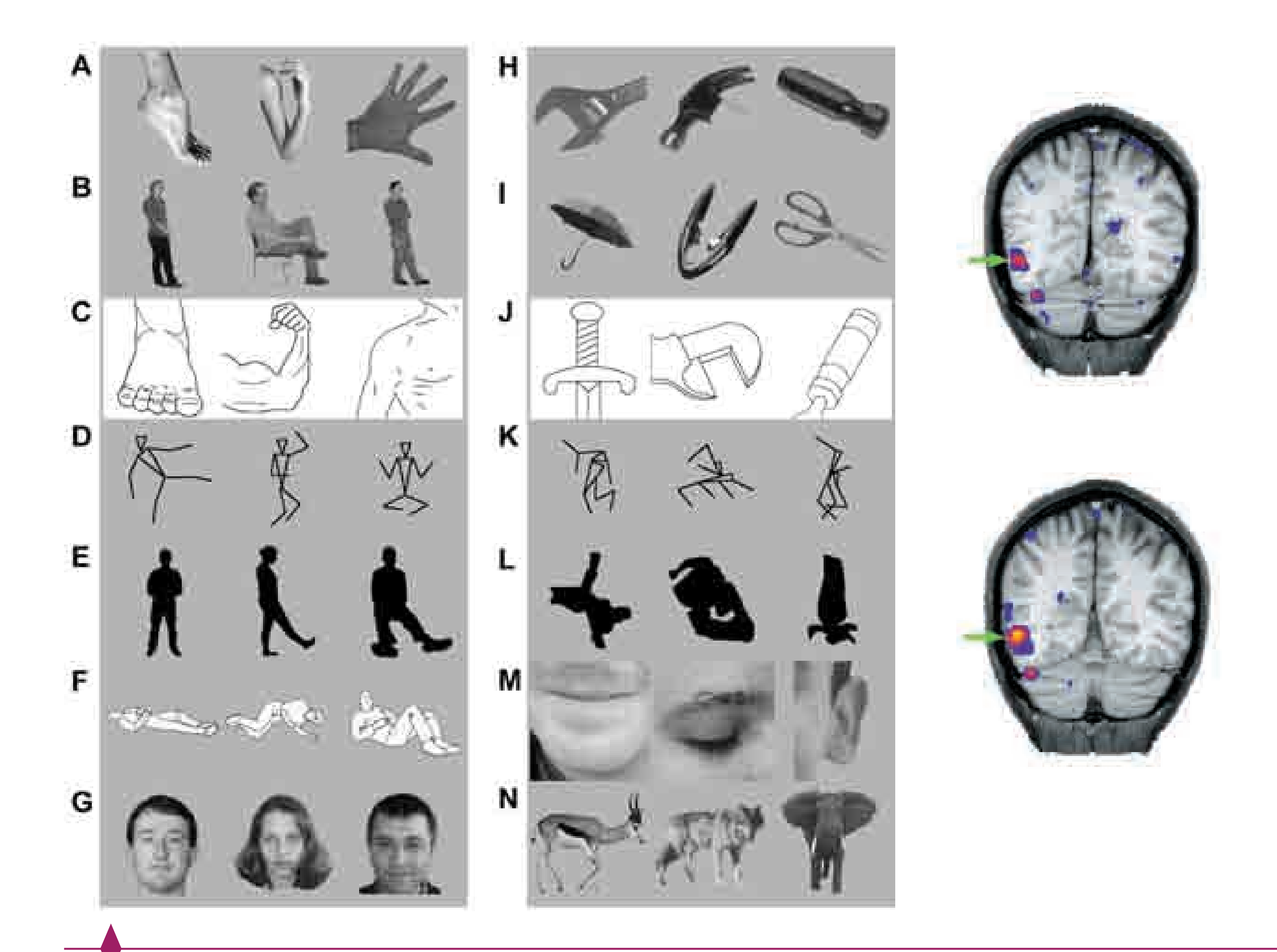


FIGURA 4.14

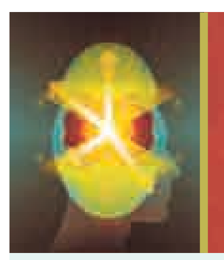
Regiones corticales para el procesamiento del cuerpo humano

Investigadores evaluaron con IRMF las respuestas encefálicas de sus sujetos a 19 estímulos. Una región de la corteza en los límites entre los lóbulos occipital y temporal se activa selectivamente en respuesta a todas las representaciones del cuerpo humano (A a F). Esta región no se activaba cuando los sujetos veían rostros completos (G), objetos (H e I) o cuerpos contorsionados (K y L). La región se activaba en un nivel intermedio en respuesta a partes del rostro (M) y mamíferos (N).

Ahora ya conoce los fundamentos de la forma en que se distribuye la información de los ojos a las zonas del encéfalo. Los investigadores todavía tienen algo que averiguar: hay alrededor de 30 divisiones en la corteza visual de los primates y las teorías varían en cuanto al esquema de comunicación entre esas zonas (Hilgetag *et al.,* 1996). Por ahora nos ocuparemos de los aspectos particulares del mundo visual. Una de las características más notables del sistema visual humano es que las experiencias de la forma, color, posición y profundidad se basan en el procesamiento de la misma información de maneras distintas. ¿Cómo ocurren las transformaciones que nos facultan para ver las peculiaridades del mundo visual?

◆ PERCEPCIÓN DEL COLOR

Los objetos físicos poseen la maravillosa propiedad del color. En general, uno tiene la impresión de objetos de colores brillantes (rojas tarjetas de enamorados, abetos verdes, huevos variopintos); pero la experiencia vívida del color está en los rayos luminosos que estos objetos reflejan en los receptores sensoriales. El color se crea cuando el encéfalo procesa la información codificada en la fuente de luz.



LA PSICOLOGÍA EN EL SIGLO XXI

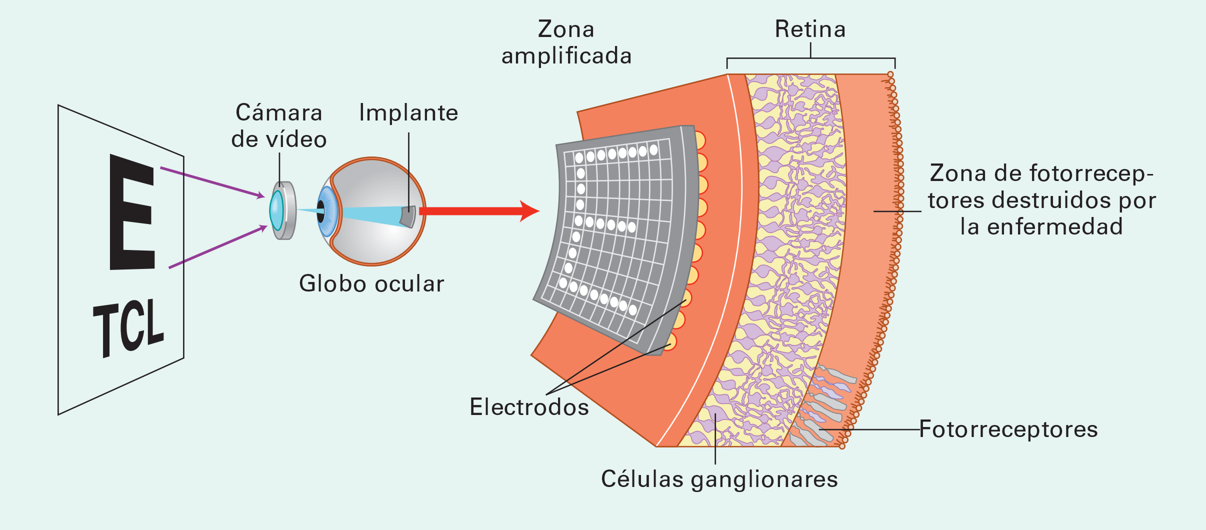
¿La tecnología puede devolver la vista?

En diciembre de 1999 varias agencias noticiosas informaron que Stevie Wonder, la estrella pop que padecía ceguera casi desde el nacimiento, esperaba someterse a un tratamiento quirúrgico experimental que le devolvería la vista. En este procedimiento, ideado por **Wentai Liu, Mark Humayun** y su equipo de investigadores (Liu *et al.,* 2000), se conecta un microchip en la retina para sustituir el funcionamiento de bastones y conos, suspendido por una enfermedad. Por desgracia, dado tanto tiempo que había estado ciego, Wonder no resultó ser un buen candidato para el procedimiento. Sin embargo, la técnica es prometedora para aquellos individuos cuyo sistema visual está todavía intacto.

En general los ciegos lo son porque las células receptoras de la retina —los bastones y los conos— sucumben a una enfermedad degenerativa (la ceguera de Wonder fue consecuencia del exceso de oxígeno en la incubadora en la que fue colocado a poco tiempo de nacer). Aun si los receptores sensoriales dejaran de funcionar, las otras células de la vía visual (como las bipolares y las ganglionares) tienen tasas elevadas de supervivencia. Debido a la estructura de la retina (ver la figura 4.10), estas otras células están al alcance de una estimulación eléctrica. El microchip creado por Liu, Humayun y sus colaboradores hace exactamente eso: proporciona un esquema de estimulación eléctrica que sustituye la información de los conos y bastones incapacitados.

El sistema completo, que se llama *tablero múltiple de retina artificial,* tiene varios componentes que funcionan fuera y dentro del globo ocular. Por ejemplo, una diminuta cámara de vídeo capta imágenes del entorno. Estas imágenes se procesan y transmiten al microchip implantado en la retina, en el fondo del ojo. El microchip estimula las células ganglionares de una retícula que funciona de manera semejante a una televisión o pantalla de computadora. Cada elemento del conjunto (cada *píxel*) adopta valores diferentes de gris para dar una gama de sensaciones visuales.

Como habrá deducido, el sistema no restaura la vista como lo implicaban los artículos referentes a Stevie Wonder. La cantidad de información proporcionada por el aparato es bastante limitada en comparación con la que uno obtiene a través del vasto número de bastones y conos. Sin embargo, los participantes de las pruebas experimentales con el sistema han podido identificar imágenes y figuras simples. Se tiene la esperanza de que el dispositivo devuelva la función visual por lo menos al punto en que las personas puedan moverse por sí solas y leer textos con letra grande. Para las millones de personas en todo el mundo que padecen enfermedades que degeneran los bastones y los conos, las nuevas tecnologías, como ésta, pueden ser un medio ingenioso para conservar la función visual.





¿Cuáles son los tres aspectos de la percepción del color?

LONGITUDES DE ONDA Y MATICES

La luz que vemos es apenas una parte menor de una dimensión física denominada *espectro electromagnético* (ver la **figura 4.15**). El sistema visual no está bien equipado para detectar otras ondas del espectro, como los rayos X, microondas y ondas de radio. La propiedad física que distingue las formas de energía electromagnética, incluyendo la luz, es la *longitud de onda,* es decir, la distancia entre las crestas de dos ondas adyacentes. Las longitudes de onda de la luz visible se miden en *nanómetros* (diez millonésimas de metro). Lo que percibimos como luz son las ondas de 400 a aproximadamente 700 nanómetros. Los rayos luminosos de ciertas longitudes de onda dan lugar a la experiencia de colores particulares; por ejemplo, el azul violeta en el extremo inferior y el rojo naranja en el extremo superior. Así, desde el punto de vista físico, la luz se describe con longitudes de onda, no con colores. Los colores sólo existen en la interpretación que hace el sistema sensorial de las longitudes de onda.

Todas las experiencias del color pueden expresarse mediante tres dimensiones básicas: matiz, saturación y brillantez. El **matiz** es la dimensión que capta la experiencia cualitativa del color de una luz. En las luces puras que contienen una sola longitud de onda (como un rayo láser), la experiencia psicológica del matiz corresponde a la dimensión física de esta longitud. En la **figura 4.16** se presentan los matices dispuestos en una rueda cromática. Los matices que son más parecidos están contiguos. Este orden concuerda con el orden de los matices en el espectro. La **saturación** es la dimensión psicológica que capta la pureza y la viveza de las sensaciones cromáticas. Los colores puros tienen la mayor saturación; los colores apagados, opacos y pasteles tienen una saturación intermedia, y los grises no están saturados. La **brillantez** es la dimensión de la experiencia del color que capta la intensidad de la luz. El blanco tiene la mayor brillantez; el negro, la menor. Cuando los colores se analizan en esas dimensiones, aparece un resultado notable: los seres humanos somos capaces de distinguir unos siete millones de colores, aunque sólo damos nombre a unos cuantos.

Procedamos a explicar algunos hechos acerca de la experiencia cotidiana del color. En algún momento de sus estudios de ciencias, habrá repetido el experimento de sir Isaac Newton de que la luz solar mezcla todas las longitudes de onda luminosas. Repitió la prueba de Newton con un prisma para separar la luz en los colores del arco iris. El prisma muestra que la combinación correcta de ondas luminosas produce luz blanca. La combinación de longitu-

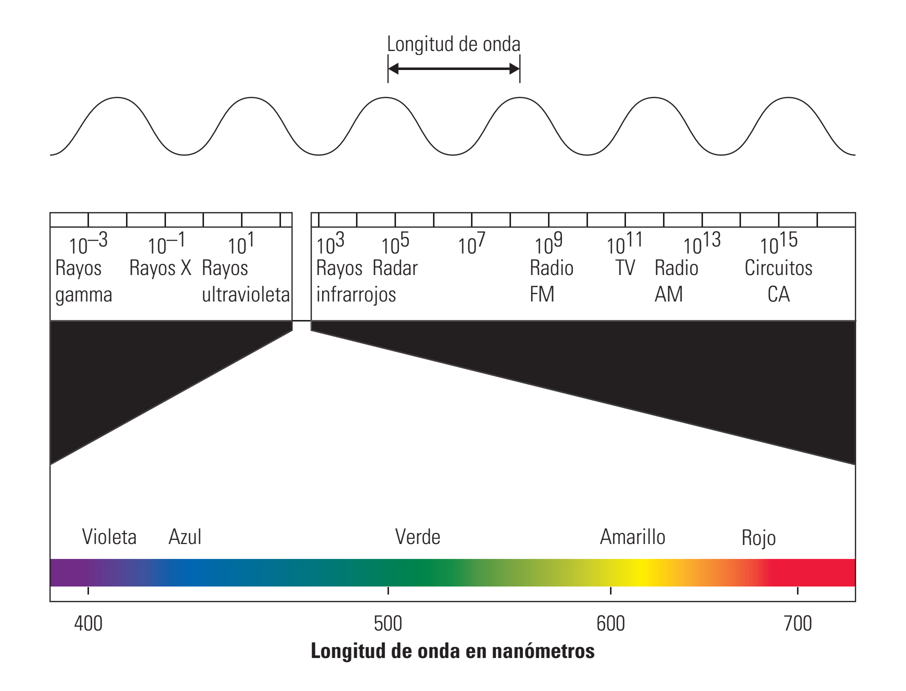


FIGURA 4.15

El espectro electromagnético

El sistema visual percibe sólo una gama reducida de las longitudes de onda del espectro electromagnético. Percibimos esta gama, que aparece amplificada en la figura, como los colores violeta a rojo.

Tomado de: "The Electromagnetic Spectrum", en *Perception*, 3a ed., de R. Sekular *et al.*, pp. 27 y 221, copyright © 1994 por McGraw-Hill Companies. Reproducido con autorización de McGraw-Hill Companies.

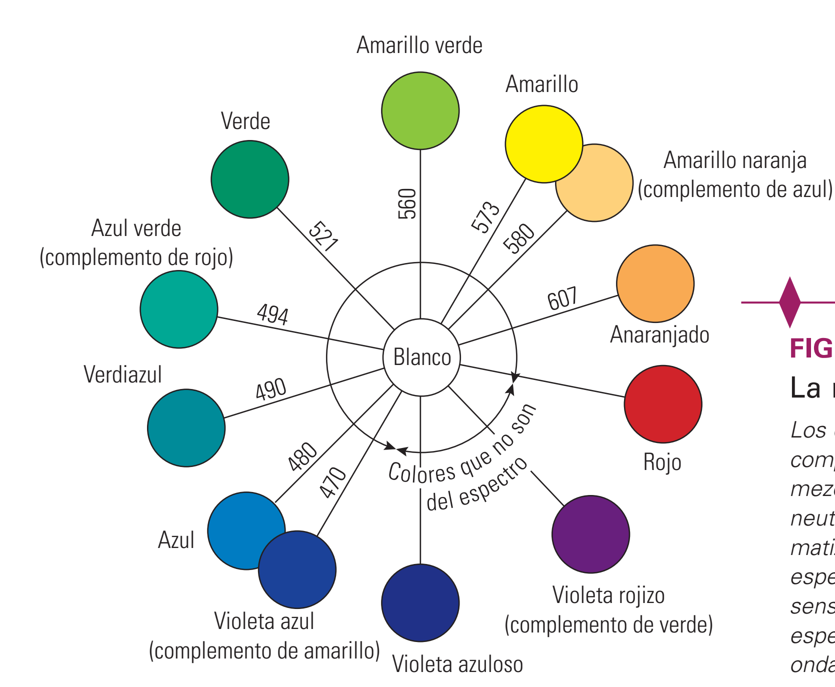


FIGURA 4.16

La rueda cromática

Los colores se ordenan por su semejanza. Los colores complementarios se colocan en lugares opuestos. La mezcla de colores complementarios resulta en un gris neutro o luz blanca en el centro. Las cifras junto a cada matiz son los valores de las longitudes de onda del espectro de colores, aquellos colores en las regiones de sensibilidad visual. Los colores que no pertenecen al espectro se obtienen mediante mezclas de longitudes de ondas espectrales cortas y largas.

des de onda se llama *mezcla aditiva de colores.* Volvamos a la figura 4.16. Las longitudes de onda que se encuentran en lugares opuestos de la rueda cromática (los **colores complementarios**) crearán la sensación de luz blanca si se mezclan. ¿Quiere demostrarse la experiencia de los colores complementarios? Consideremos la **figura 4.17.** La bandera verde, amarilla y negra debe darle la experiencia de una *posimagen negativa* (la posimagen se llama "negativa" porque es lo opuesto del color original). Por razones que explicaremos cuando consideremos las teorías de la visión a color, cuando uno mira fijamente un color hasta el grado de fatigar los fotorreceptores, al dirigir la vista a una superficie blanca se experimenta el complemento del color original.

De cuando en cuando habrá notado posimágenes en su contacto diario con los colores. Pero casi toda nuestra experiencia con colores no viene de luces complementarias. Más bien, es probable que haya mezclado crayones o pinturas de varios colores. Los colores que vemos en un trazo de crayones o en cualquier superficie coloreada son longitudes de onda de la luz que no absorbe esa superficie. El crayón amarillo parece en esencia amarillo, pero deja escapar algunas longitudes de onda que dan la sensación de verde. Del mismo modo, el crayón azul deja entrever longitudes que despiertan la sensación de azul y algo de verde. Cuando se combinan amarillo y azul, el amarillo absorbe al azul y viceversa. Las únicas longitudes que no se absorben son las del verde. Este fenómeno se denomina *mezcla sustractiva de colores*. Las otras longitudes que no se absorben (las longitudes de onda que se reflejan) dan a la mezcla de crayones el color que percibimos.

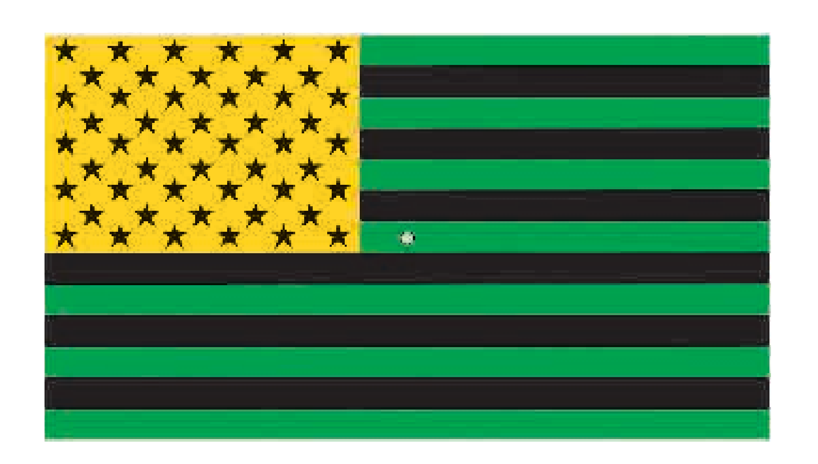


FIGURA 4.17

Posimágenes del color

Mire fijamente el punto en el centro de la bandera por lo menos durante 30 segundos. Luego fije la vista en el centro de una hoja o una pared blanca. Pruebe esta ilusión de un posefecto con sus amigos.

Algunas de estas reglas referentes a la experiencia del color no se aplican a las personas que nacen con deficiencias de visión. La *ceguera al color* es una incapacidad total o parcial para distinguir los colores. El efecto de la posimagen negativa al ver la bandera verde, amarilla y negra no funcionará si usted padece esta ceguera. La ceguera al color es un defecto hereditario ligado al sexo, en particular, a un gen del cromosoma X. Como los hombres tienen un solo cromosoma X, tienen más probabilidades que las mujeres de mostrar este rasgo recesivo. Las mujeres necesitarían tener un gen defectuoso en los dos cromosomas X para sufrir este padecimiento. Se estima que ocho por ciento de los hombres blancos padecen ceguera al color, y menos de 0.5 por ciento de las mujeres (Coren *et al.,* 1999).

La ceguera al color consiste por lo regular en la dificultad para distinguir el rojo del verde (daltonismo), en especial con poca saturación. Son más raras las personas que confunden amarillos y azules. Pero más raras aún son las que no distinguen colores, sólo variaciones de brillantez. Veamos ahora cómo han explicado los científicos los hechos referentes a la visión a color como los colores complementarios y la ceguera al color.

TEORÍAS DE LA VISIÓN A COLOR

La primera teoría científica de la visión a color fue propuesta por **Sir Thomas Young** alrededor de 1800. Young postuló que hay tres tipos de receptores de color en el ojo humano normal que producen las sensaciones psicológicas primarias: rojo, verde y azul. Los demás colores —pensaba— eran combinaciones aditivas o sustractivas de esos tres primarios. Más adelante **Hermann von Helmholtz** perfeccionó y amplió la teoría, que se conoció como la **teoría tricromática** de Young-Helmholtz.

La teoría tricromática da una explicación plausible de las sensaciones de color y la ceguera (de acuerdo con la teoría, las personas con ceguera al color tienen sólo uno o dos receptores). Sin embargo, la teoría no explica tan bien otros hechos y observaciones. ¿Por qué la adaptación a un color produce posimágenes con el color complementario? ¿Por qué las personas ciegas al color nunca distinguen pares de colores: rojo y verde o azul y amarillo?

Las respuestas se convirtieron en la piedra angular de la segunda teoría de la visión a color propuesta por **Ewald Hering** a finales del siglo XIX. De acuerdo con su **teoría del proceso oponente,** todas las experiencias de color surgen de tres sistemas básicos, cada uno con dos elementos opuestos rojo o verde, azul o amarillo y negro (sin color) o blanco (todos los colores). Hering coligió que los colores generaban posimágenes complementarias porque un elemento del sistema se fatiga (por la estimulación excesiva) y así se acentuaba la contribución relativa del elemento opuesto. Según la teoría de Hering, la ceguera al color se daba en pares porque el sistema se componía, en efecto, de pares de opuestos, no de meros colores primarios.

Durante muchos años los científicos debatieron las ventajas de las teorías. Al final, aceptaron que en realidad las teorías no se contradecían, sino que describían dos etapas del procesamiento que correspondían a estructuras fisiológicas sucesivas del sistema visual (Hurvich y Jameson, 1974). Ahora sabemos, por ejemplo, que en efecto hay tres tipos de conos, y aunque los tres responden a una franja de las longitudes de onda, cada uno es más sensible a la luz de una longitud de onda particular. Las respuestas de estos conos confirman la predicción de Young y Helmholtz de que la visión cromática descansa en tres tipos de receptores de color. Los ciegos al color carecen de uno o más de estos conos.

También sabemos que las células ganglionares de la retina combinan la información de estos tres tipos de conos en concordancia con la teoría del proceso oponente de Hering (De Valois y Jacobs, 1968). De acuerdo con la versión contemporánea de esta teoría, sustentada por **Leo Hurvich** y **Dorothea Jameson** (1974), los dos miembros de cada par de colores operan en oposición (son oponentes) por obra de la inhibición nerviosa. Algunas células ganglionares reciben información excitatoria de luces que se ven rojas e información inhibitoria de luces que se ven verdes. Otras células del sistema tienen la disposición opuesta de excitación e inhibición. En conjunto, estas dos formas de células ganglionares forman la base fisiológica del sistema del proceso oponente rojo/verde. Otras células ganglionares componen el sistema oponente azul/amarillo. El sistema negro/blanco contribuye la percepción de la saturación y la brillantez.

Ahora pasemos del mundo de la vista al del sonido.

PÓNGASE A PRUEBA

- ¿En qué se asemejan las características del ojo a las partes de una cámara?
- ¿Cuáles son las funciones de las diversas células nerviosas de la retina?
- ¿En qué difieren las funciones de bastones y conos?
- ¿Qué han descubierto los investigadores acerca del procesamiento visual en el encéfalo?
- ¿De qué hechos de la visión cromática se da cuenta en las teorías rivales?

Audición

La audición y la vista cumplen funciones complementarias en nuestra experiencia del mundo. Muchas veces oímos los estímulos antes de verlos, en particular si ocurren a la espalda o detrás de objetos opacos, como los muros. Aunque la vista es mejor que el oído para identificar un objeto, una vez que entra en el campo de la visión, ocurre que vemos el objeto porque nuestro oído señaló a los ojos la dirección correcta. Para iniciar nuestra exposición de la audición, describiremos la energía física que llega al oído.

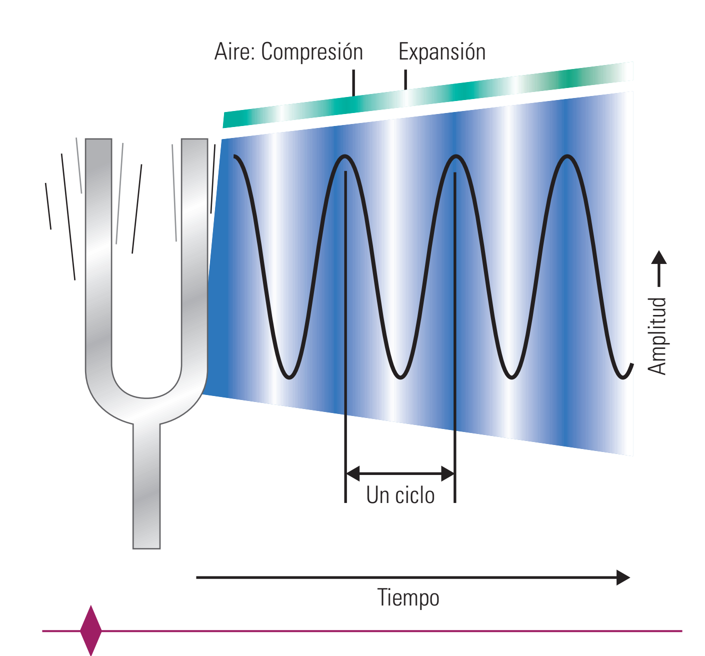


FIGURA 4.18
Onda sinusoidal idealizada
Las dos propiedades básicas de las ondas sinusoidales son su frecuencia (el número de ciclos por unidad de tiempo) y su amplitud (la extensión vertical de sus ciclos).

◆ FÍSICA DEL SONIDO

Aplauda. Silbe. Golpee el escritorio con un lápiz. ¿Por qué estos actos producen un sonido? La razón es que se ponen a vibrar los objetos. La energía vibratoria se transmite al medio (en general por el aire) cuando estos objetos hacen ir y venir a las moléculas de tal medio. Los cambios pequeños en la presión que se producen se difunden desde los cuerpos en vibración en la forma de una combinación de *ondas sinusoidales* que viajan alrededor de 335 metros por segundo (ver la **figura 4.18**). En un vacío verdadero (como en el espacio exterior) no puede producirse ningún sonido porque no hay moléculas de aire que muevan los objetos en vibración.

Una onda sinusoidal tiene dos propiedades físicas básicas que determinan cómo suena: la frecuencia y la amplitud. La *frecuencia* mide los ciclos que completa la onda en cierto tiempo. Un ciclo, como se indica en la figura 4.18, es la distancia de izquierda a derecha entre el pico de una onda y el pico de la siguiente. La frecuencia sonora se expresa en *hertz* (Hz), que mide ciclos por segundo. La *amplitud* mide la propiedad física de la intensidad de la onda sonora, como se muestra en la altura del pico al valle. La amplitud se define en unidades de presión o energía sonora.

◆ DIMENSIONES PSICOLÓGICAS DEL SONIDO

Las propiedades físicas de la frecuencia y la amplitud dan lugar a las tres dimensiones psicológicas del sonido: altura tonal, volumen y timbre. Veamos cómo ocurren estos fenómenos.

ALTURA TONAL

La **altura tonal** es la calidad de agudo o grave de un sonido y está determinada por su frecuencia: las frecuencias elevadas producen sonidos altos y las frecuencias bajas sonidos graves. El alcance completo de la sensibilidad humana a los sonidos puros se extiende de las frecuencias de 20 Hz a las de 20,000 (las frecuencias de menos de 20 Hz se experimentan mediante el tacto como vibraciones, más que como sonidos). Para darnos una idea del tamaño de esta extensión, observe que las 88 teclas de un piano abarcan sólo la gama de 30 a 4,000 Hz.

Como es de esperar, dada nuestra exposición de la psicofísica, la relación entre frecuencia (la realidad física) y altura tonal (el efecto psicológico) no es lineal. En el extremo inferior de la escala de la frecuencia, aumentar ésta algunos hertz incrementa de forma notable la altura tonal. En el extremo superior se requiere un acrecentamiento mucho mayor para oír una diferencia en la altura tonal. Por ejemplo, las dos notas más graves del piano difieren sólo 1.6 Hz, en tanto que la diferencia entre las dos más agudas es de 235 Hz. Éste es otro ejemplo de la psicofísica de las diferencias apenas perceptibles.



¿Qué propiedades físicas de los sonidos nos permiten distinguir el timbre de los instrumentos de una orquesta?

VOLUMEN

El **volumen**, la intensidad física de un sonido, depende de su amplitud. Las ondas sonoras con amplitudes grandes suenan fuerte y las que tienen amplitudes pequeñas, suave. El sistema auditivo humano es sensible a una enorme variedad de intensidades. En un límite, podemos oír el tictac de un reloj de pulso a seis metros. Se trata del umbral absoluto del sistema: si fuera más sensible, escucharía el paso de la sangre por los oídos. En el otro extremo, un avión que despega a 100 metros es tan ruidoso que el sonido es doloroso. En términos de las unidades físicas de la presión sonora, el avión produce una onda de más de mil millones de veces la energía del tictac del reloj.

Como el alcance del oído es tal, las intensidades físicas del sonido se expresan en proporciones, más que en cantidades absolutas. La presión sonora (que es el índice de la amplitud que produce la experiencia del volumen) se mide en unidades llamadas **decibeles** (dB). En la **figura 4.19** se proporcionan las medidas en decibeles de sonidos representativos. También se muestran, para fines de comparación, las presiones sonoras correspondientes. Se observa que dos sonidos que difieren en 20 dB tienen presiones sonoras en proporción de 10 a uno. Observe que los sonidos que superan los 90 dB pueden causar pérdida de la audición, según el grado en que se exponga una persona a ellos.

TIMBRE

El **timbre** de un sonido refleja los componentes de su onda sonora compleja. El timbre es lo que distingue, por ejemplo, el sonido del piano del sonido de la flauta. Algunos estímulos físicos, como un diapasón, producen sonidos puros que constan de una onda sinusoidal única. Un *sonido puro* tiene sólo una frecuencia y una amplitud. Casi ningún sonido del mundo cotidiano es puro. Los sonidos ordinarios son ondas complejas que tienen una combinación de frecuencias y amplitudes.

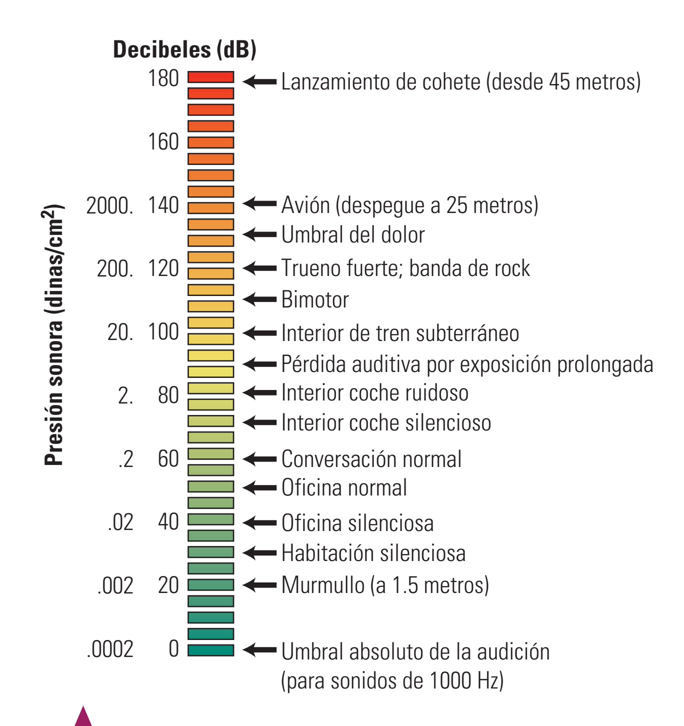


FIGURA 4.19
Decibeles de sonidos familiares
En esta figura se muestra la extensión en decibeles de sonidos a los que reaccionamos, del umbral absoluto de la audición al ruido del despegue de un cohete. Los decibeles se calculan con la presión sonora, que es una medida de la amplitud de una onda sonora y en general corresponde a lo que experimentamos como volumen.

Los sonidos que llamamos *ruido* no tienen estructuras de frecuencias claras ni simples. El ruido contiene muchas frecuencias que no guardan ninguna relación sistemática. Por ejemplo, el ruido estático que se escucha entre estaciones de radio contiene energía en todas las frecuencias audibles. No percibimos que tenga altura tonal porque no tiene una frecuencia fundamental.

◆ FISIOLOGÍA DE LA AUDICIÓN

Ahora que ya sabe algo de las bases físicas de las experiencias psicológicas del sonido, veamos cómo surgen esas experiencias de la actividad fisiológica del sistema auditivo. En primer lugar, estudiaremos el funcionamiento del oído, para después considerar algunas teorías referentes a la manera en que se codifican las experiencias de la altura tonal en el sistema auditivo y se localiza el sonido.

SISTEMA AUDITIVO

Ya aprendimos que los procesos sensoriales convierten formas de energía externa en formas de energía en el encéfalo. Para oír, como se indica en la **figura 4.20,** deben te-

ner lugar cuatro transformaciones básicas de energía: 1) las ondas sonoras propagadas por el aire se deben transformar en ondas *líquidas* en la cóclea del oído, 2) las ondas líquidas deben estimular las vibraciones mecánicas de la *membrana basilar,* 3) estas vibraciones deben convertirse en impulsos eléctricos, y 4) los impulsos deben pasar a la *corteza auditiva*. Vamos a examinar con más detalle estas transformaciones.

En la primera transformación, las moléculas del aire en vibración entran en el oído (ver la figura 4.20). Parte del sonido entra directamente en el conducto externo del oído y otra parte lo hace después de haberse reflejado en el *oído externo*, la oreja. Las ondas sonoras viajan a través del conducto auricular externo hasta el extremo, donde topa con una membrana delgada, el tímpano, o *membrana timpánica.* Las variaciones de la presión de la onda sonora ponen el tímpano en movimiento. El tímpano transmite las vibraciones del oído externo al oído medio, una cámara que contiene los tres huesos más pequeños del cuerpo humano: el *martillo*, el *yunque* y el *estribo*. Estos huesos forman una cadena mecánica que transmite y concentra las vibraciones del tímpano en el principal órgano de la audición, la *cóclea,* que se localiza en el *oído interno*.

En la segunda transformación, que ocurre en la cóclea, las ondas sonoras aéreas se convierten en "marinas". La **cóclea** es un tubo enrollado y lleno de líquido que tiene una membrana, la **membrana basilar,** extendida por la mitad de su longitud. Cuando el estribo vibra sobre la ventana oval en la base de la cóclea, el líquido interno hace que la membrana basilar se mueva como una ola (de ahí nuestra referencia a las "ondas marinas").

En la tercera transformación, el movimiento ondulatorio de la membrana basilar dobla las diminutas células ciliadas

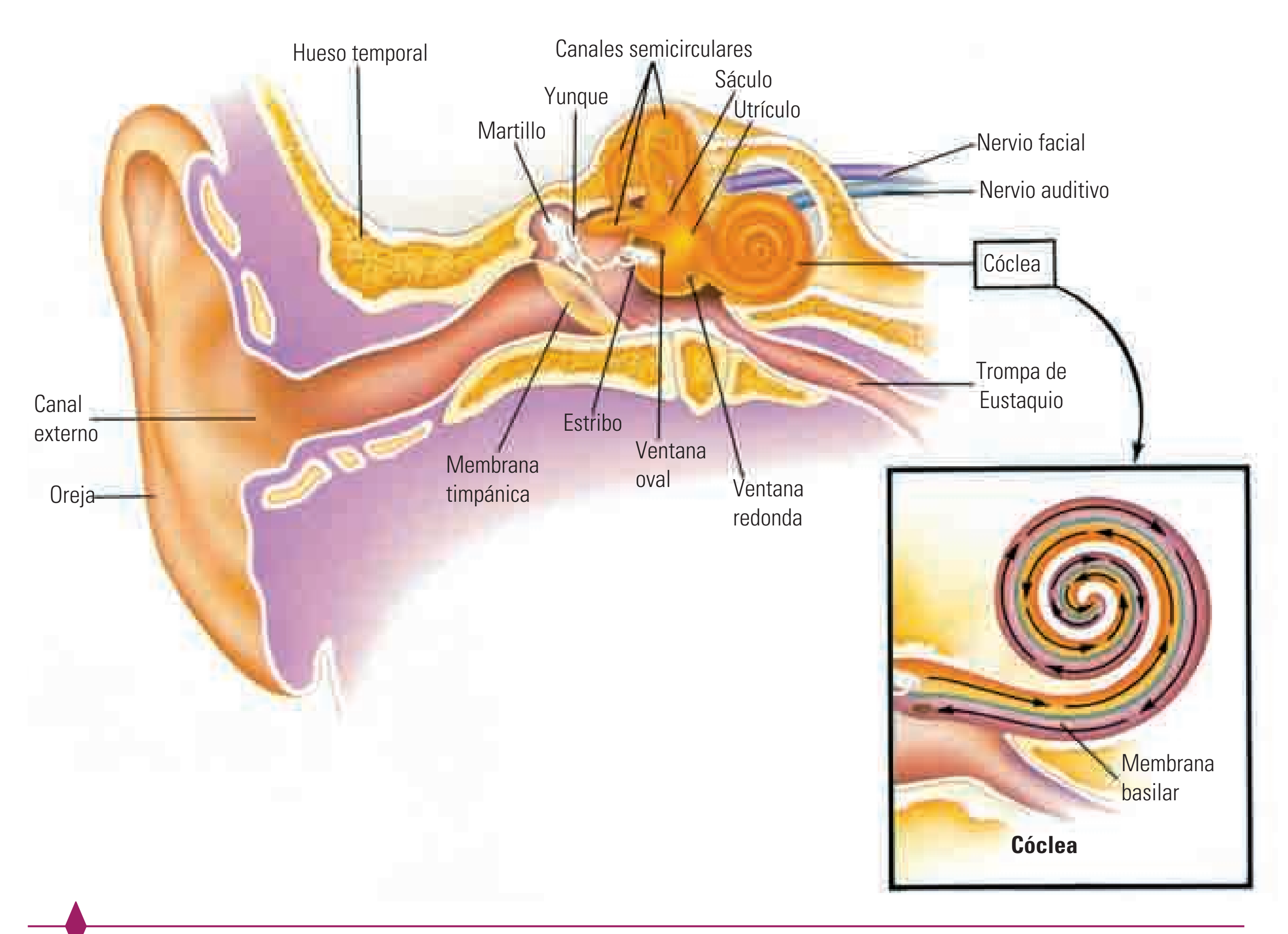


FIGURA 4.20
Anatomía del oído humano

Las ondas sonoras se transmiten por el oído externo, la oreja, a través del canal externo y hacen vibrar la membrana timpánica. Esta vibración activa los huesecillos del oído interno: martillo, yunque y estribo. Las vibraciones mecánicas se transmiten por la ventana oval a la cóclea, donde ponen en movimiento el líquido del interior del canal. Diminutas células ciliadas que revisten la membrana basilar enrollada en la cóclea se mueven con el líquido y estimulan las terminales nerviosas que poseen. La energía mecánica se transforma en energía nerviosa y se envía al encéfalo por el nervio auditivo.



La exposición prolongada a ruidos intensos causa pérdida auditiva. ¿Qué puede hacerse para evitar estas pérdidas?

que tiene conectadas y que son las células receptoras del sistema auditivo. Cuando las células ciliadas se inclinan, estimulan las terminaciones nerviosas, con lo que transforman las vibraciones mecánicas de la membrana basilar en actividad nerviosa.

Por último, en la cuarta transformación los impulsos nerviosos salen de la cóclea en un grupo de fibras que forma el **nervio auditivo.** Estas fibras se encuentran en el *núcleo coclear* del tallo cerebral. De manera similar al cruce de los nervios en el sistema visual, la estimulación de cada oído va a ambos lados del encéfalo. Las señales auditivas pasan por otros núcleos de camino a la **corteza auditiva,** en los lóbulos temporales de los hemisferios. El procesamiento superior de estas señales comienza en la corteza auditiva (como veremos más adelante, otras partes del oído indicadas en la figura 4.20 cumplen funciones en los otros sentidos).

Las cuatro transformaciones ocurren en un sistema auditivo que funciona a cabalidad. Ahora bien, millones de personas sufren algún deterioro en la audición. Hay dos formas generales de deficiencias auditivas, causadas por un defecto en uno o más componentes del sistema. La forma menos grave es la *sordera de conducción,* un problema en la propagación de las vibraciones del aire en la cóclea. En esta forma de sordera, los huesos del oído medio no funcionan bien. El problema se corrige con microcirugía mediante la inserción de un yunque o un estribo artificial. La forma más grave es la *sordera nerviosa*, un defecto de los mecanismos neurológicos que crean impulsos nerviosos en el oído o los trasladan a la corteza auditiva. Un daño en la corteza auditiva también puede originar una sordera nerviosa.

TEORÍAS DE LA PERCEPCIÓN DE LA ALTURA TONAL

Para explicar cómo convierte el sistema las ondas sonoras en sensaciones de altura tonal, los investigadores han postulado dos teorías: del lugar y de la frecuencia.

La **teoría del lugar** fue propuesta por Hermann von Helmholtz en el siglo XIX y después fue modificada, elaborada y probada por **Georg von Békésy,** que obtuvo un premio Nobel por su trabajo en 1961. La teoría del lugar se basa en el hecho de que la membrana basilar se mueve cuando las ondas sonoras se transmiten a través del oído interno. Diferentes frecuencias producen su mayor movimiento en lugares particulares de la membrana. En el caso de los sonidos de frecuencia elevada, el movimiento ondulatorio es mayor en la base de la cóclea, donde están situadas las ventanas oval y redonda. En cuanto a los sonidos de frecuencia baja, el mayor movimiento ondulatorio de la membrana basilar se da en el extremo opuesto. Así, la teoría del lugar afirma que la percepción de la altura tonal depende del lugar específico de la membrana basilar en el que se da la estimulación mayor.

La segunda teoría, la **teoría de la frecuencia,** explica la altura tonal como la tasa de vibraciones de la membrana basilar. Esta teoría predice que una onda sonora con una frecuencia de 100 Hz hará vibrar la membrana basilar 100 veces por segundo. También pronostica que las vibraciones de la membrana ocasionarán que las neuronas disparen a la misma tasa, por tanto, se puede decir que la tasa de disparos es el código neuronal de la altura tonal. Un problema de la teoría es que las neuronas individuales no pueden disparar tan rápidamente para representar sonidos muy agudos, porque ninguna puede disparar más de 1000 veces por segundo. Esta limitación hace imposible que una neurona distinga sonidos de más de 1,000 Hz, lo que, desde luego, el sistema auditivo hace bastante bien. La limitación se superaría con el **principio de la andanada,** que explica lo que ocurriría en esas frecuencias altas. El principio asevera que varias neuronas, en acción combinada (la andanada), disparan a la frecuencia que corresponde a un estímulo sonoro de 2000 Hz, 3000 Hz, etcétera. (Wever, 1949).

Como con las teorías de la visión a color, tricrómática y del proceso oponente, las teorías del lugar y la frecuencia explican aspectos diferentes de la experiencia de la altura tonal. La teoría de la frecuencia explica bien la codificación de frecuencias menores de 5000 Hz. A frecuencias mayores, las neuronas no pueden disparar con rapidez y exactitud para codificar de forma correcta una señal, incluso con la andanada. La teoría del lugar explica bien la percepción de la altura tonal a frecuencias de más de 1000

Hz. A frecuencias menores, toda la membrana basilar vibra tanto que no puede dar una señal distinguible para que los receptores neuronales la tomen como medio para distinguir la altura tonal. Entre 1000 y 5000 Hz, operan los dos mecanismos. Así, una tarea sensorial complicada se divide entre dos sistemas que, en conjunto, ofrecen mayor precisión sensorial que cualquier sistema por separado. Ahora veremos que también poseemos dos sistemas nerviosos convergentes para localizar los sonidos en el ambiente.

LOCALIZACIÓN SONORA

Supongamos que usted camina por su universidad y oye que alguien lo llama. Por lo regular usted localiza fácilmente el lugar del hablante. Este ejemplo demuestra que el sistema auditivo realiza muy bien la tarea de **localización sonora:** uno puede determinar la fuente en el espacio de los hechos acústicos. Esto se consigue mediante dos mecanismos: evaluación de los tiempos relativos y la intensidad relativa con que el sonido llega a los dos oídos (Middlebrooks y Green, 1991; Phillips, 1993).

El primer mecanismo comprende neuronas que comparan los momentos en que la señal sonora llega a cada oído. Por ejemplo, un sonido que procede de la derecha llega al oído derecho antes que al izquierdo (ver el punto B en la **figura 4.21**). Las neuronas del sistema auditivo están especializadas para disparar más enérgicamente ante ciertos retrasos entre los dos oídos. Con esta información acerca de las disparidades en los tiempos de llegada, el encéfalo calcula el origen probable de un sonido.

El segundo mecanismo se funda en el principio de que un sonido tiene una intensidad un poco mayor en el primer oído al que llega, porque la cabeza proyecta una *sombra acústica* que debilita la señal. Estas diferencias de intensidad dependen del tamaño relativo de la longitud de onda de un sonido con respecto a la cabeza. Los sonidos de frecuencia baja y longitud de onda grande casi no muestran diferencias de intensidad, mientras que los sonidos de frecuencia elevada y longitud de onda corta muestran diferencias de intensidad cuantificables. El encéfalo ha especializado células que detectan las diferencias de intensidad de las señales que llegan a los dos oídos.

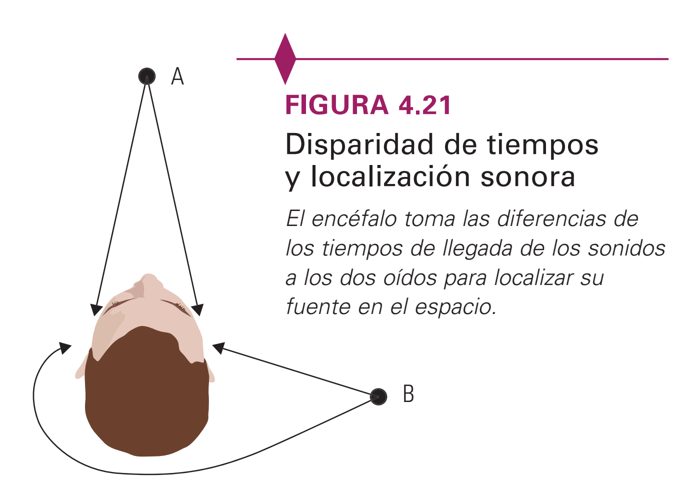
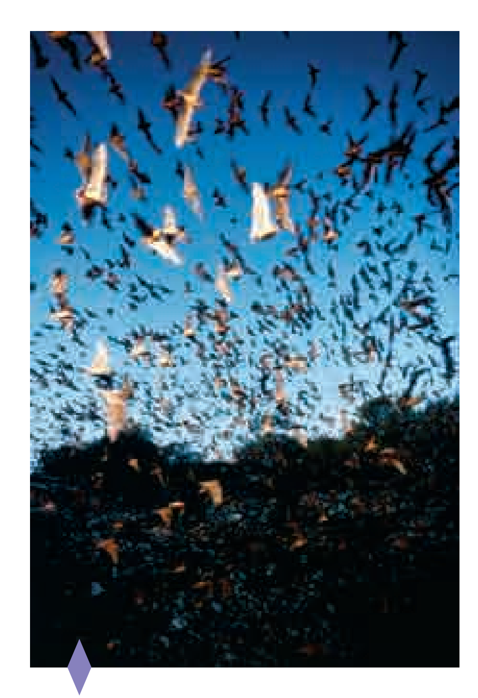


FIGURA 4.21
Disparidad de tiempos y localización sonora
El encéfalo toma las diferencias de los tiempos de llegada de los sonidos a los dos oídos para localizar su fuente en el espacio.



¿Por qué habrían adquirido los murciélagos la capacidad de moverse en su ambiente con la ayuda de la ecolocalización?

Pero, ¿qué ocurre cuando un sonido no acusa diferencias de tiempo ni de intensidad? En la figura 4.21, un sonido que se originara en el punto A tendría esta propiedad. Con los ojos cerrados, uno no puede indicar su localización exacta, así que se mueve la cabeza para cambiar la ubicación de los oídos y romper la simetría a modo de recibir la información necesaria para determinar el origen del sonido.

Es interesante observar que los delfines y los murciélagos usan el sistema auditivo, y no el visual, para localizar objetos en aguas o cuevas oscuras. Estas especies presentan *ecolocalización*, es decir, emiten sonidos agudos que se reflejan en los objetos y les dan información acerca de la distancia, ubicación, tamaño, textura y movimiento de los objetos. De hecho, una especie de murciélago es capaz de distinguir mediante ecolocalización entre objetos que están a 0.3 milímetros de distancia (Simmons *et al.,* 1998).

PÓNGASE A PRUEBA

- ¿Cuáles son las relaciones entre las dimensiones físicas y psicológicas de los sonidos?
- ¿Cuáles son las cuatro principales transformaciones de energía que tienen lugar en el sistema auditivo?
- ¿Cómo se combinan las teorías de la percepción de la altura tonal para explicar las experiencias auditivas?
- ¿Cuáles son los dos mecanismos que permiten localizar sonidos en el espacio?

Los otros sentidos

Hemos dedicado la mayor atención a la vista y a la audición porque los científicos han estudiado más a fondo estos sentidos. Sin embargo, nuestra capacidad de sobrevivir y de gozar del entorno se basa en todos los sentidos. Vamos a concluir nuestra exposición de la sensación con análisis breves de los sentidos restantes.

◆ OLFATO

De seguro se imaginará circunstancias en las que habría sido feliz de renunciar al sentido del olfato: ¿alguna vez tuvo un perro que perdió una batalla con un zorrillo? Pero para evitar la experiencia del zorrillo, también habría tenido que privarse del olor de las rosas frescas, las palomitas de maíz con mantequilla recién salidas del horno y la brisa del mar. Los olores, buenos y malos, anuncian su presencia a las proteínas receptoras de las membranas de *cilios olfatorios* (ver la **figura 4.22**). Sólo se requieren ocho moléculas de una sustancia para incitar uno de estos impulsos nerviosos, pero por lo menos hay que estimular 40 terminaciones nerviosas para oler una sustancia. Una vez iniciados, los impulsos nerviosos comunican información al **bulbo olfatorio,** situado sobre los receptores y debajo de los lóbulos frontales del cerebro. Los estímulos odoríferos comienzan el proceso de la olfacción mediante el estímulo de un flujo de sustancias químicas en los canales de iones de las neuronas olfativas, un hecho que, como recordará del capítulo 3, inicia un potencial de acción.

La importancia del sentido del olfato varía notablemente entre las especies. Es de creer que evolucionó como un sistema para detectar y localizar alimentos (Moncrieff, 1951). Los seres humanos usamos el sentido del olfato principalmente junto con el gusto, para buscar y probar comida. Sin embargo, muchas especies se valen también del olfato para detectar peligros. Perros, ratas, insectos y muchas otras criaturas en las que el olfato es crucial para sobrevivir tienen el sentido más agudo que los seres humanos. Dedican relativamente más del encéfalo al olfato. El olfato les sirve bien a estas especies porque los organismos no tienen que entrar en contacto con otros organismos para olerlos.

Además, el olfato puede ser una forma poderosa de comunicación. Para comunicarse, los miembros de muchas especies secretan y detectan señales químicas llamadas feromonas. Las **feromonas** son sustancias químicas con las que una especie indica receptividad sexual, peligro, límites territoriales y fuentes de alimentos (Luo *et al.,* 2003). Por ejemplo, los machos de varias especies de insectos producen feromonas sexuales para alertar a las hembras de que están listos para aparearse (Farine *et al.,* 1996; Minckley *et al.,* 1991). En el capítulo 11 vamos a regresar al tema de las feromonas cuando estudiemos la conducta sexual de los humanos y de otras especies.

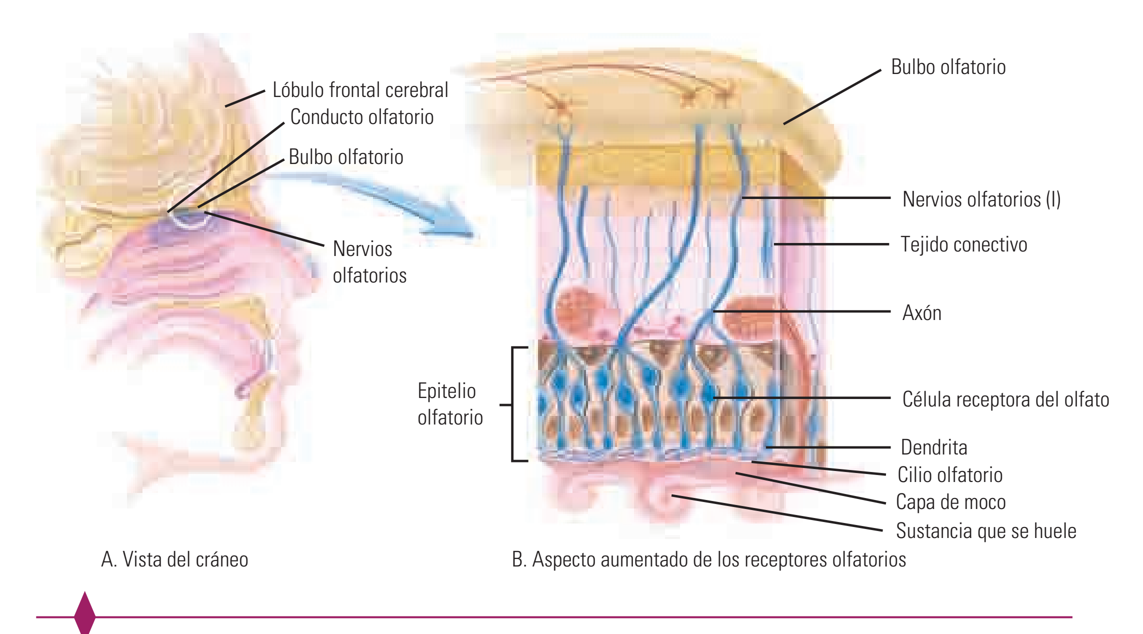
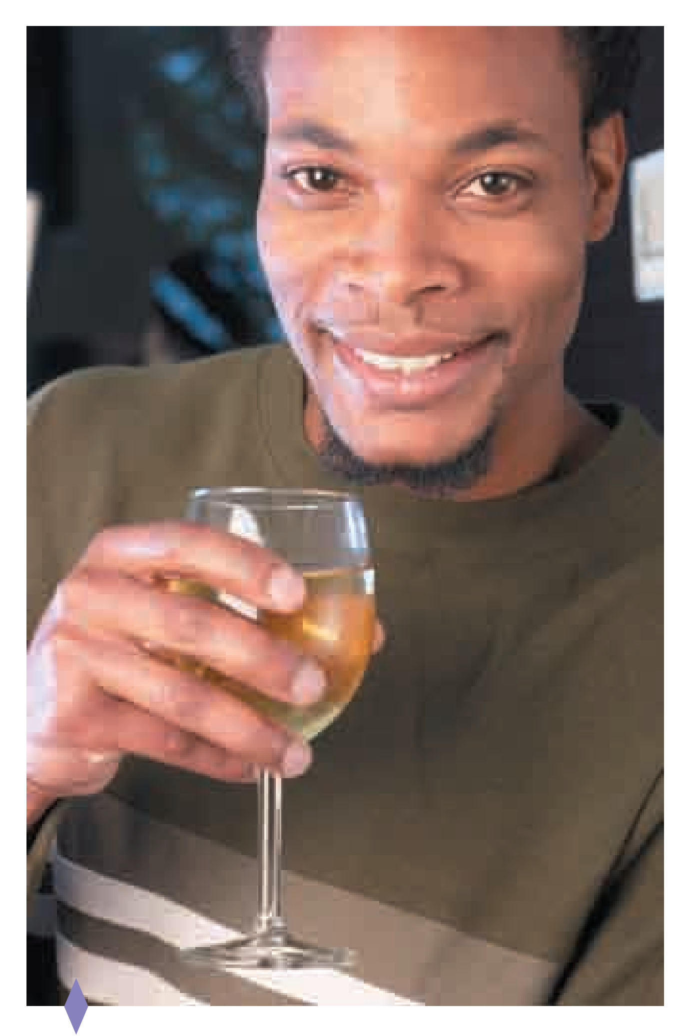


FIGURA 4.22

Receptores del olfato

Las células receptoras del olfato en las cavidades nasales son estimuladas por las sustancias químicas del ambiente. Envían información al bulbo olfatorio del encéfalo.



¿Por qué una persona con sinusitis crónica no debe catar el vino?

◆ GUSTO

Aunque los conocedores de comidas y vinos son capaces de hacer distinciones de gustos muy sutiles y complejas, muchas de sus sensaciones son olfativas, no del gusto. El gusto y el olfato funcionan de consuno al comer. De hecho, cuando nos resfriamos la comida nos parece insípida porque las vías nasales están tapadas y no la olemos. Hágase una demostración de este principio: tápese la nariz y trate de encontrar la diferencia entre comidas de texturas semejantes pero gustos distintos, como trozos de manzana y papa cruda. Algunos estudiantes que comen en lugares de verdad malos han comentado que ponerse tapones nasales hace que toda la comida sepa insípida, lo que es mucho mejor que el sabor habitual.

La superficie de la lengua está cubierta de *papilas* que le dan una apariencia rugosa. Muchas de las papilas contienen agrupamientos de células receptoras del gusto llamadas *botones gustativos* (ver la **figura 4.23**). Los registros de células únicas de los receptores gustativos muestran que éstas responden a una de cuatro cualidades gustativas básicas: dulce, agrio, amargo y salado (Frank y Nowlis, 1989). En los últimos años los investigadores han descubierto receptores para la quinta calidad del gusto: *umami* (Chaudhari, Landin y Roper, 2000). Umami es el sabor del glutamato monosódico, una sustancia que se añade por lo regular a las comidas orientales y que se encuentra de manera natural en alimentos ricos en proteínas, como carne, mariscos y queso añejo. Aunque las células receptoras de las cinco cualidades producen respuestas pequeñas a otros gustos, la “mejor” respuesta es la que codifica la cualidad. Al parecer hay sistemas de transducción separados para cada gusto básico (Bartoshuk y Beauchamp, 1994).

Los receptores del gusto se dañan con muchas cosas que uno se lleva a la boca, como alcohol, humo del cigarro y ácidos. Por fortuna, los receptores del gusto se reemplazan en algunos días, incluso más a menudo que los receptores del olfato. De hecho, el sistema del gusto es el más resistente a los daños de todos los sistemas sensoriales; es extremadamente raro que alguien padezca una pérdida total y permanente del gusto (Bartoshuk, 1990).

◆ TACTO Y SENTIDOS CUTÁNEOS

La piel es un órgano considerablemente versátil. Además de protegernos de lesiones superficiales, retener los líquidos corporales y contribuir a regular la temperatura, contiene terminaciones nerviosas que producen sensaciones de presión, calor y frío. Estas sensaciones son los **sentidos cutáneos** (de la piel).

Como recibimos mucha información a través de la piel, cerca de la superficie del cuerpo operan muchas células receptoras. Cada tipo de éstas responde a formas diferentes de contacto con la piel (Sekuler y Blake, 2001). Para citar dos ejemplos, los *corpúsculos de Meissner* responden mejor cuando algo se frota contra la piel y los *discos de Merkel* son más activos cuando un objeto pequeño ejerce una presión constante sobre la piel. Quizá le sorprenda saber que tenemos receptores separados para el calor y el frío. En lugar de tener un receptor que funcione como termómetro, el encéfalo integra señales separadas de frío y calor para vigilar los cambios de la temperatura ambiental.

La sensibilidad de la piel a la presión varía de manera importante en el cuerpo. Por ejemplo, somos 10 veces más acertados para percibir la posición de un estímulo sobre la yema de los dedos que sobre la espalda. La variación de la sensibilidad de las partes del cuerpo es resultado de la densidad de terminaciones nerviosas en esas áreas y también de la cantidad de corteza sensorial que se les dedica. En el capítulo 3 vimos que la sensibilidad es mayor donde es más necesaria: en el rostro, la lengua y las manos. La retroalimentación exacta de esas partes del cuerpo favorece las actividades de comer, hablar y asir.

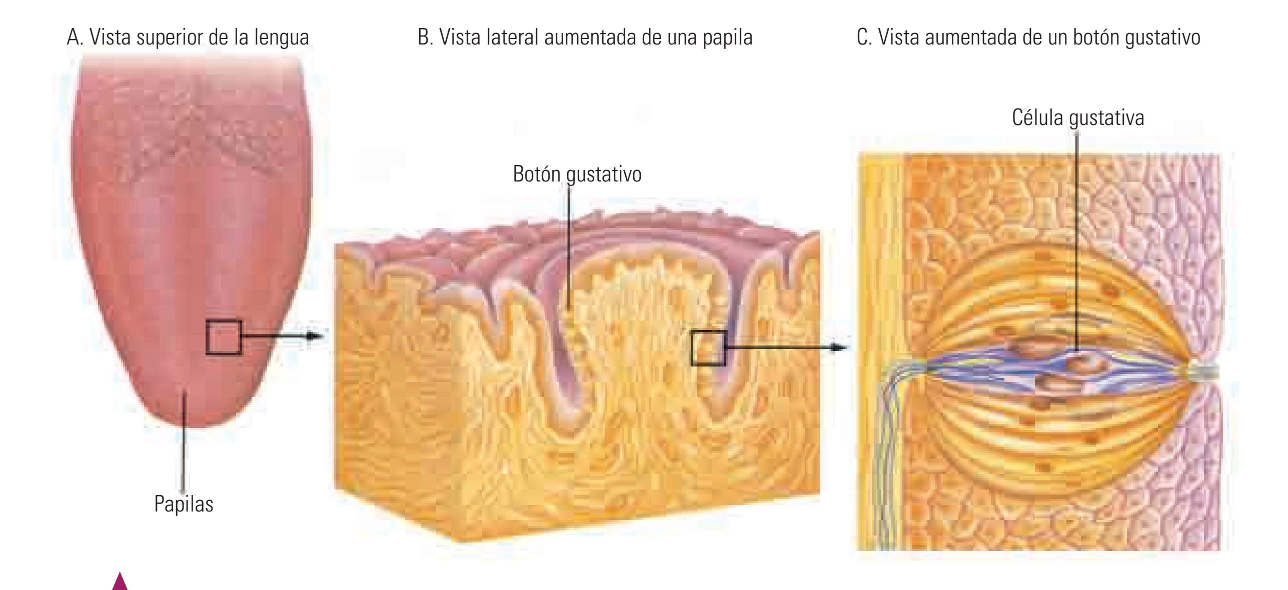


FIGURA 4.23

Receptores del gusto

En la parte A se muestra la distribución de las papilas en la parte superior de la lengua. En la parte B se muestra una papila aumentada de modo que se aprecien los botones gustativos. En la parte C se muestra un botón gustativo.

Un aspecto de la sensibilidad cutánea cumple una función central en las relaciones humanas: el tacto. Mediante el tacto comunicamos a los demás nuestro deseo de dar o recibir consuelo, apoyo, amor y pasión. Ahora bien, en dónde lo toquen o dónde toque a alguien marca una diferencia: las regiones de la piel que dan lugar a sensaciones eróticas (sexuales) se llaman *zonas erógenas*. El potencial de excitación de otras zonas eróticas sensibles al tacto varía de acuerdo con cada individuo, dependiendo de las asociaciones aprendidas y de la concentración de receptores sensoriales en esas zonas.

◆ SENTIDOS VESTIBULAR Y CINESTÉSICO

Los dos sentidos siguientes que describiremos acaso sean del todo nuevos para usted, porque no tienen receptores que uno vea, como los ojos, orejas y narices. El **sentido vestibular** indica la orientación del cuerpo (en especial de la cabeza) con respecto a la gravedad. Los receptores de esta información son vellosidades diminutas en sacos y canales llenos de agua en el oído interno. Las vellosidades se mueven cuando el líquido oscila y los presiona, que es lo que ocurre cuando uno mueve la cabeza con demasiada rapidez. El *sáculo* y el *utrículo* (mostrados en la figura 4.20) informan de la aceleración y desaceleración en línea recta. Los tres *canales semicirculares* están orientados en ángulos rectos y, de esta forma, ofrecen información relacionada con el movimiento en cualquier dirección. Informan cómo se mueve la cabeza al girar, asentir o inclinarse.

Quienes pierden el sentido vestibular por accidentes o enfermedades se sienten al principio muy desorientados y se vuelven proclives a caídas y mareos. Pero al final compensan este padecimiento al apoyarse más en la información visual. La *enfermedad del movimiento* (cinetosis) ocurre cuando las señales del sistema visual contradicen las del sistema vestibular. Las personas sienten náuseas cuando leen en un coche en movimiento porque la señal visual es de un objeto fijo, mientras que la señal vestibular es de movimiento. Los manejadores casi nunca se enferman porque ven y sienten el movimiento.

No importa si uno está de pie, dibujando o haciendo el amor, el encéfalo necesita información exacta de la posición y el movimiento de los miembros del cuerpo. El **sentido cinestésico** (también llamado *cinestesia*) provee información sensorial constante acerca de lo que hace el cuerpo en sus actividades motrices. Sin este sentido, seríamos incapaces de coordinar los movimientos voluntarios.

Tenemos dos fuentes de información cinestésica: receptores en las articulaciones y en los músculos y tendones. Los receptores que se encuentran en las articulaciones responden a las presiones de las diferentes posiciones de los miembros y a los cambios de presión que conllevan los movimientos de esas articulaciones. Los receptores de los músculos y tendones reaccionan a los cambios de tensión que vienen con el acortamiento y la extensión musculares.

El encéfalo integra información del sentido cinestésico con información de los sentidos táctiles. Por ejemplo, el encéfalo no puede captar todo el significado de las señales que vienen de las yemas de los dedos si no sabe cómo



¿Por qué ir en el asiento delantero de la montaña rusa hace menos probable que uno se maree, que ir en el asiento trasero?

están situados unos con respecto a otros. Imaginemos que toma un objeto con los ojos cerrados. Su sentido del tacto le permite saber que el objeto es una piedra, pero el sentido cinestésico permite saber de qué tamaño es.

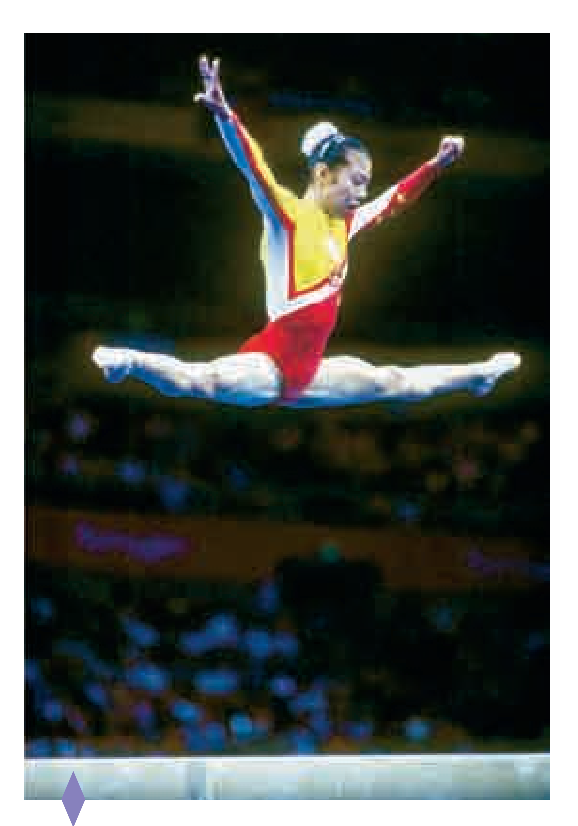
◆ DOLOR

El **dolor** es la reacción del cuerpo a la acción de diversos estímulos nocivos, los que son tan intensos que pueden causar daños en los tejidos o que amenazan con hacerlo. ¿Se siente por completo satisfecho de tener un sentido del dolor tan bien desarrollado? Es probable que responda "sí y no". Por un lado, el sentido del dolor es crucial para sobrevivir. Quienes nacen con una insensibilidad congénita al dolor no lo perciben, pero se llenan de cicatrices y sus miembros se deforman por lesiones que hubieran evitado si su encéfalo les hubiera advertido de peligros (Larner *et al.,* 1994). Su caso muestra que el dolor sirve como señal esencial de defensa al alertarnos de posibles daños. Por otro lado, hay ocasiones en que uno sería feliz de poder desconectar el sentido del dolor. En Estados Unidos, más de 50 millones de personas sufren dolor crónico persistente. Se estima que el tratamiento médico del dolor y los días laborales perdidos por el dolor cuestan sólo en ese país más de 70,000 millones de dólares cada año (Gatchel y Oordt, 2003).

Los científicos han comenzado a identificar los receptores específicos que responden a los estímulos dolorosos. Han descubierto que algunos receptores responden sólo a la temperatura, otros a sustancias químicas, unos a la estimulación mecánica y otros más a combinaciones de estímulos dolorosos. Esta red de fibras detectoras del dolor es una fina malla que cubre todo el cuerpo. Las fibras nerviosas periféricas envían las señales de dolor al sistema nervioso central mediante dos vías: unas fibras nerviosas de conducción rápida, cubiertas de mielina, y otras fibras menores y más lentas, sin esa cobertura. Desde la médula espinal, los impulsos se transfieren al tálamo y luego a la corteza cerebral, donde se identifica el lugar y la intensidad del dolor, se evalúa la importancia de la lesión y se trazan planes de acción.

En el encéfalo las *endorfinas* tienen un efecto en la experiencia del dolor. Recuerde del capítulo 3 que analgésicos como la morfina se conectan a los mismos sitios receptores del encéfalo; el término *endorfina* viene de *morfina endógena* (producida internamente). La secreción de endorfinas en el encéfalo controla la experiencia del dolor. Los investigadores piensan que las endorfinas son la causa, por lo menos en parte, de los efectos analgésicos de la acupuntura y los placebos (Fields y Levine, 1984; Murray, 1995; Watkins y Mayer, 1982).

Las respuestas emocionales, factores contextuales e interpretación de la situación llegan a ser tan importantes como los estímulos físicos para determinar el grado de dolor que se siente (Price, 2000; Turk y Okifuji, 2003). ¿Qué efecto tiene el contexto psicológico en las sensaciones de dolor? Una teoría acerca de la modulación del dolor es la **teoría de la puerta de control,** formulada por Ronald Melzack (1973, 1980) y que afirma que las células de la médula espinal actúan como puertas neurológicas que interrumpen y obstaculizan algunas señales de dolor, en tanto que dejan pasar otras al encéfalo. Los receptores de la piel



¿Qué función cumple el sentido cinestésico en el desempeño de los deportistas de alto rendimiento?



Quienes participan en ritos religiosos, como la caminata sobre carbones ardiendo, son capaces de bloquear el dolor. ¿Qué revela este hecho acerca de la relación entre la fisiología y la psicología del dolor?

y el encéfalo envían mensajes a la médula espinal para abrir o cerrar esas puertas. Por ejemplo, supongamos que se golpea la espinilla contra una mesa cuando corre para contestar el teléfono. Al sobarse la piel en el lugar del golpe, envía mensajes inhibitorios a la médula espinal para que cierre las puertas. Los mensajes que proceden del encéfalo también pueden cerrar las puertas. Por ejemplo, si la llamada comunicaba noticias urgentes, el encéfalo cerraría las puertas para impedir la distracción por el dolor. En los últimos años Melzack (1999) ha propuesto una actualización, la *teoría neuromatricial* del dolor, que incorpora la realidad de que a veces las personas sienten dolor con causas físicas mínimas o inexistentes. En estos casos, la experiencia del dolor se origina por completo en el encéfalo.

Acabamos de ver que la manera de percibir el dolor revela más acerca de nuestro estado psicológico que de la intensidad del estímulo doloroso: lo que uno percibe puede ser distinto y hasta independiente de lo que uno siente. Con esta exposición del dolor nos preparamos para el resto del capítulo, en el cual trataremos sobre los procesos perceptuales con los que organizamos y designamos las experiencias del mundo.

PÓNGASE A PRUEBA

- ¿Cuál es la función del bulbo olfatorio en el sentido del olfato?
- ¿A qué cualidades básicas del gusto responden lo botones gustativos?
- ¿Por qué tenemos varios receptores del tacto?
- ¿Cuál es la finalidad de los sentidos vestibular y cinestésico?
- ¿Cómo explica la teoría de la puerta de control la relación entre la fisiología y la psicología del dolor?

Organización de las percepciones

Pensemos en lo confuso que sería el mundo si no pudiéramos reunir y organizar la información que arrojan los millones de receptores retinianos. Experimentaríamos un calidoscopio de manchas inconexas de color girando ante nuestros ojos. Los procesos que conjuntan la información de los sentidos para producir la impresión de coherencia comprenden la organización perceptual.

Comenzaremos nuestro análisis de la organización perceptual con una descripción de los procesos de la *atención* que nos llevan a enfocarnos en un grupo de estímulos en el calidoscopio de la experiencia. Después examinaremos los procesos de organización que definieron los teóricos de la *Gestalt*, quienes afirmaban que lo que percibimos obedece a leyes de organización, reglas simples por medio de las que nos percatamos de formas y figuras.

◆ PROCESOS DE ATENCIÓN

Deténgase un momento y encuentre 10 cosas cercanas que hasta este momento no estaban en su conciencia. ¿Había visto una mancha en la pared? ¿Había escuchado el mecanismo de un reloj? Si se pone a examinar su entorno con esmero, descubrirá que hay literalmente miles de cosas en las que podría centrar su **atención.** En general, cuanto más atendamos un objeto o hecho del entorno, más lo percibimos y conocemos.

DETERMINACIÓN DEL CENTRO DE LA ATENCIÓN

¿Qué fuerzas determinan qué objetos se convierten en el centro de la atención? La respuesta tiene dos componentes, que llamaremos selección por metas y captación por estímulo (Yantis, 1993). La **selección por metas** refleja nuestras elecciones de los objetos a los que queremos prestarles atención de acuerdo con nuestras metas. Quizás usted se sienta cómodo con la idea de que pueda elegir deliberadamente ciertos objetos para examinarlos. La **captación por el estímulo** ocurre cuando por las características de un estímulo (de los objetos del ambiente) nuestra atención es captada, independientemente de nuestras metas perceptuales. Por ejemplo, experimentamos la captación por el estímulo cuando en un semáforo divagamos. El cambio abrupto de rojo a verde en el semáforo capta la atención aunque no estemos concentrados en él.



LA PSICOLOGÍA EN LA VIDA



¿Por qué irritan las comidas picantes?

Leah Prebluda

George Washington University

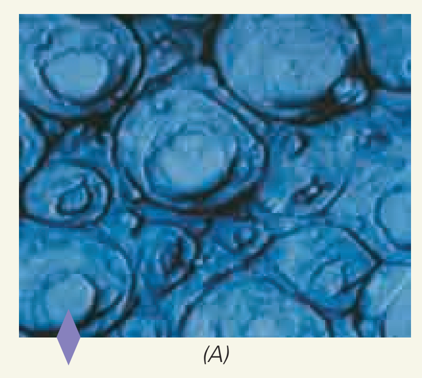
¿Ha tenido esta experiencia? Come un plato muy picante en un restaurante de comida china o mexicana y por accidente muerde un pedazo de chile. En instantes pasa del gozo al dolor intenso. Si le ha ocurrido esto, ya sabe que en el reino de los sabores hay una línea divisoria muy tenue entre lo que causa placer y lo que duele. Vamos a explorar esa relación.

Desde el punto de vista fisiológico es fácil explicar por qué el chile causa dolor. En la lengua, los botones gustativos poseen fibras detectoras del dolor (Bartoshuk, 1993). Así, la misma sustancia química que estimula los receptores gustativos, puede estimular las fibras de dolor contiguas (Caterina *et al.,* 2000). En el caso del chile, esta sustancia química es la *capsaicina.* Si quiere disfrutar una comida picante, tiene que mantener las concentraciones de capsaicina tan bajas que los receptores gustativos estén más activos que los receptores del dolor.

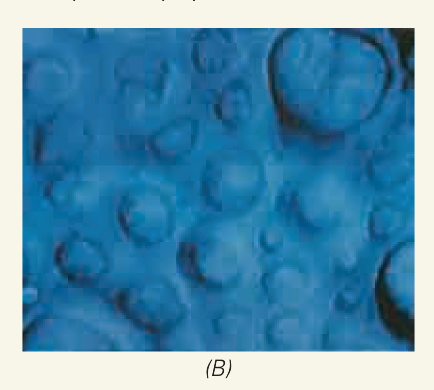
¿Pero por qué —se preguntará— las personas tenemos diferencias tan notables en nuestra preferencia por las comidas picantes? Muchas veces nos cuesta trabajo entender por qué nuestros amigos pueden o no pueden comer comidas muy picantes. Aquí también acudimos a la fisiología para explicar estas diferencias. En la figura se dan fotografías de la lengua de dos individuos estudiados por **Linda Bartoshuk** y sus colaboradores. Se aprecia que una lengua tiene muchos más botones gustativos que la otra. Si hay más, habrá más receptores del dolor. Por consiguiente, las personas con más botones gustativos sienten más dolor como reacción a la capsaicina. Se ha llamado *superdegustadores* al grupo de individuos con más botones gustativos (Bartoshuk, 1993). Los *no degustadores* forman un agudo contraste en los extremos de sus experiencias sensoriales. Para muchas sensaciones gustativas, estos dos grupos son equivalentes: en general no sabríamos quién es superdegustador, quién no degustador y quién está en algún punto intermedio. Las diferencias surgen sólo con ciertas sustancias químicas y la capsaicina es un buen ejemplo.

Las variaciones en la densidad de los botones gustativos de la lengua de varias personas parecen ser genéticas (Bartoshuk, 1994). Las mujeres tienen muchas más probabilidades de ser superdegustadoras que los hombres. En general, los superdegustadores son más sensibles a las sustancias químicas amargas, que es una cualidad sensorial que comparte la mayoría de los venenos. Podemos imaginar que si las mujeres eran responsables del cuidado y la alimentación de los hijos en el decurso de la evolución, los hijos de las mujeres con mayor sensibilidad del gusto tendrían más probabilidades de sobrevivir. Como el grado de degustación es genético, deberían encontrarse diferencias entre niños muy pequeños (Anliker *et al.,* 1991). Los superdegustadores de cinco a siete años prefirieron leche a queso cheddar. Los no degustadores tenían la preferencia opuesta. ¿Por qué? Los superdegustadores perciben que la leche es más dulce y el queso más amargo que los demás. Así, las diferencias genéticas explicarían por qué algunos niños pequeños tienen gustos fuertes (y sonoros).

Pero volvamos a la comida del restaurante con la que tuvo usted ese doloroso accidente. Habrá notado que la sensación de dolor se apaga con el tiempo. A este respecto, los receptores del dolor en la boca actúan como otros receptores sensoriales: con el tiempo, se adaptan al estímulo constante. Son buenas noticias. Debería sentirse contento de que los procesos sensoriales incorporen su propio alivio.



(A)



(B)

(A) Lengua de un superdegustador. (B) Lengua de un no degustador.

Se preguntará cuál es la relación entre los dos procesos: en las investigaciones se postula que, por lo menos en ciertas circunstancias, la captación por el estímulo supera a la selección por metas.

LAS IDEAS PUESTAS A PRUEBA

Competencia entre procesos que determina el centro de la atención

Investigadores crearon ilustraciones en las que se ponen en competencia la selección por metas y la captación por el estímulo (Theeuwes *et al.,* 1998). Como se muestra en la parte A de la **figura 4.24,** cada ensayo de un experimento comenzó con la imagen de seis círculos grises que llevaban inscritos seis diminutos ochos. Después de un segundo, la ilustración cambiaba. En la mitad de los ensayos, como se muestra en la parte B, todos los círculos, excepto uno, pasaban de gris a rojo. La tarea de los sujetos era llevar la vista al círculo gris restante y responder si el símbolo inscrito era una letra *c* normal o invertida. Cuando realizaban la tarea, hacían una selección por metas: deliberadamente llevaban su atención al círculo gris.

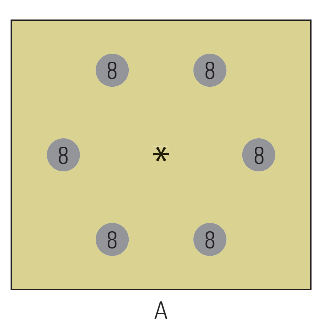
Ahora veamos la parte C de la figura 4.24. En este caso, que representaba la otra mitad de los ensayos, se añadía otro elemento a la imagen: un nuevo círculo rojo. Los objetos nuevos son el tipo de estímulo visual que por lo regular capta la atención. En circunstancias normales, esperaríamos que los sujetos dirigieran la mirada al nuevo objeto; sin embargo, en este experimento no querían que su mirada se distrajera: se les pedía todavía que señalaran únicamente el contenido del círculo gris. ¿Qué ocurría? ¿Podían los sujetos impedir que su atención se dirigiera al círculo rojo nuevo? En la mayor parte de las ocasiones el nuevo objeto atraía de manera automática la atención de los sujetos, aunque fuera por completo irrelevante para la meta que les habían fijado los experimentadores.

Usted puede reconocer este fenómeno como captación por el estímulo, porque funciona en dirección opuesta de las metas de quien percibe. Porque, eso significa, que los participantes desempeñarían mejor una tarea si no considerasen el nuevo círculo rojo (los participantes experimentale siempre prefieren desempeñarse bien en otras tareas que los investigadores les asignen). La conclusión general importante es que su sistema porceptual está organizado de manera tal que su atención se dirige automáticamente a los objetos nuevos del ambiente (Yantis y Jonides, 1996).

EL DESTINO DE LA INFORMACIÓN IGNORADA

Si uno observó nada más que una parte de la imagen perceptual (en virtud de sus metas o de las propiedades del estímulo), ¿cuál es el destino de la información a la que no se le prestó atención? Imaginemos que escucha una clase mientras los compañeros de los lados platican. ¿Cómo consigue seguir la lección? ¿Qué advierte de las pláticas? ¿Es posible que algo del contenido de una de las pláticas distraiga su atención de la clase?

Esta gama de preguntas se formuló por primera vez por **Donald Broadbent** (1958), quien propuso que la mente posee una *capacidad limitada* para realizar procesamientos completos. Esta limitación exige que la atención regule con precisión el flujo de información desde los datos de los sentidos hasta la conciencia. La *teoría del filtro*



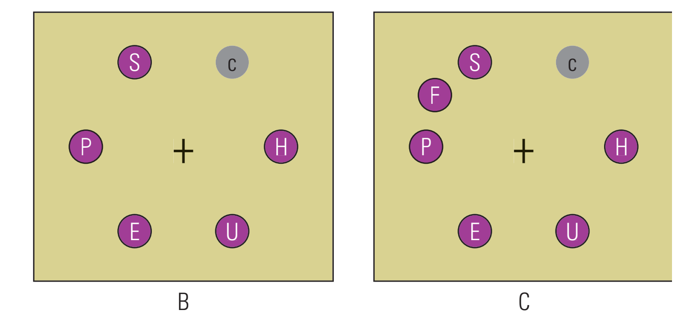


FIGURA 4.24

Procesos que seleccionan la atención

Al comienzo de cada ensayo en este experimento, los sujetos vieron imágenes con seis círculos grises (parte A). Cuando la ilustración cambió, la tarea de los participantes era demostrar si la "c" en el círculo gris restante tenía la orientación normal o estaba invertida. En la mitad de los ensayos, las imágenes no presentaron objetos nuevos (parte B); en la otra mitad, sí (parte C). Aunque la meta de los participantes era prestar atención al círculo gris, los objetos nuevos (cuando aparecían) llamaban su atención de manera automática.

de la atención asevera que la selección ocurre al comienzo del proceso, antes de establecer el significado de la información.

Para poner a prueba la teoría del filtro, investigadores recrearon en el laboratorio la situación real de tener numerosas fuentes de información mediante una técnica llamada **audición dicótica**. En este paradigma, un sujeto que lleva audífonos escucha al mismo tiempo dos mensajes grabados, uno diferente en cada oído. Se pide al sujeto que repita al experimentador sólo uno de los dos mensajes y que ignore lo que se presente al otro oído. Este procedimiento se llama *ensombrecimiento* del mensaje atendido (ver la **figura 4.25**).

La forma más fuerte de la teoría del filtro fue refutada cuando se descubrió que algunos escuchas recordaban cosas que no hubieran sido capaces de recordar si su atención hubiera filtrado por completo todo el material ignorado (Cherry, 1953). Por ejemplo, consideremos su propio nombre. Las personas dicen que perciben la mención de su nombre en lugares ruidosos incluso si están entregadas a una conversación. Se trata del *fenómeno de la fiesta de cóctel*. En investigaciones de laboratorio se ha confirmado que tenemos la propensión a notar nuestro nombre entre información ignorada (Wood y Cowan, 1995a).

Ahora los investigadores piensan que la información del canal ignorado se procesa en alguna medida, pero no lo suficiente para que llegue a la conciencia (Wood y Cowan, 1995b). Sólo si las propiedades de la información ignorada se distinguen (por ejemplo en virtud de ser el nombre del que escucha), esta información se convierte en el centro de la atención consciente (volveremos a la relación entre atención y conciencia en el capítulo 5). La regla general es que la información ignorada no manifiesta su presencia. Así vemos por qué es peligroso distraerse de la tarea o meta a la mano. Si no presta atención a cierta información (digamos, la disertación del maestro), el material no se asimilará por sí solo.

Supongamos que usted ha centrado la atención en un estímulo del medio. Entonces es el momento de que los procesos de la organización perceptual entren en acción.

◆ PRINCIPIOS DE AGRUPAMIENTO PERCEPTUAL

Tomemos la imagen de la izquierda en la **figura 4.26.** Las personas normales ven una copa como figura contra un fondo blanco. Una **figura** se ve como una región semejante a un objeto en el frente y el **fondo** aparece como el te-

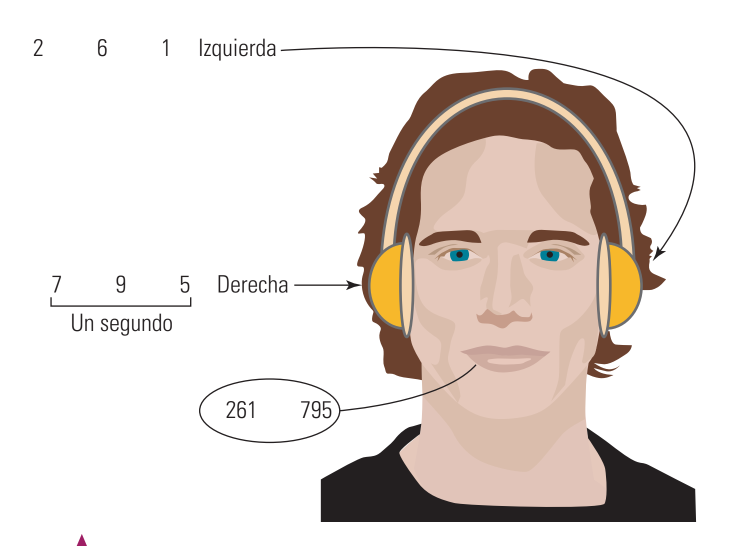


FIGURA 4.25

Tarea de escucha dicótica

Un sujeto oye varios dígitos presentados simultáneamente a cada oído: 2 (izquierda), 7 (derecha), 6 (izquierda), 9 (derecha), 1 (izquierda) y 5 (derecha). El sujeto dice que oye los conjuntos correctos: 261 y 795. Sin embargo, cuando se le pide que preste atención sólo a la información del oído derecho, dice que únicamente oye 795.

lón contra el cual destacan las figuras. Como se aprecia a la derecha de la figura 4.26, es posible cambiar la relación entre figura y fondo y ver dos rostros en lugar de una copa. Una de las primeras tareas que realiza el sistema perceptual consiste en decidir cuál es la figura y cuál el fondo en una escena.

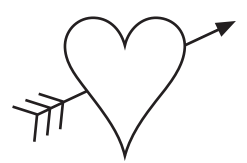
¿Cómo determinan los procesos perceptuales qué debe conjuntarse en una figura? Los principios del agrupamiento perceptual fueron estudiados a fondo por defensores de la **teoría de la Gestalt,** como **Kurt Koffka** (1935), **Wolfgang Köhler** (1947) y **Max Wertheimer** (1923). Los miembros de este grupo sostenían que los fenómenos psicológicos podían entenderse sólo si se consideraban *totalidades* organizadas y estructuradas y no si se descomponían en elementos perceptuales primitivos. El término *Gestalt* significa aproximadamente "forma", "todo", "configuración" o "esencia". En sus experimentos, los psicólogos de la Gestalt estudiaban la forma en que los conjuntos perceptuales daban lugar a diversas *Gestalt*. Al variar un solo factor y observar su efecto en la percepción de la estructura del conjunto, estos investigadores formularon un cuerpo de leyes:

1. *Ley de la proximidad*. Las personas agrupan los elementos que están cercanos. Por eso vemos este diseño más como cinco columnas que como cuatro filas.

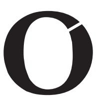
2. *Ley de la semejanza*. Las personas agrupan los elementos más semejantes. Por eso vemos un cuadrado de letras *O* sobre un campo de letras *X* y no columnas combinadas de *X* y *O*.

X X X X X
X O O O X
X O O O X
X O O O X
X X X X X

3. *Ley de la buena continuación*. Las personas perciben las líneas como continuas, aunque estén interrumpidas. Por eso interpretamos el dibujo siguiente como una flecha que perfora un corazón y no como un diseño de tres elementos.



4. *Ley del cierre*. Las personas llenan los vacíos para percibir objetos completos. Por eso llenamos la parte que falta para percibir un círculo completo.



5. *Ley del destino común*. La gente agrupa objetos que se mueven en la misma dirección. Por eso percibimos esta figura como filas alternadas que se alejan.

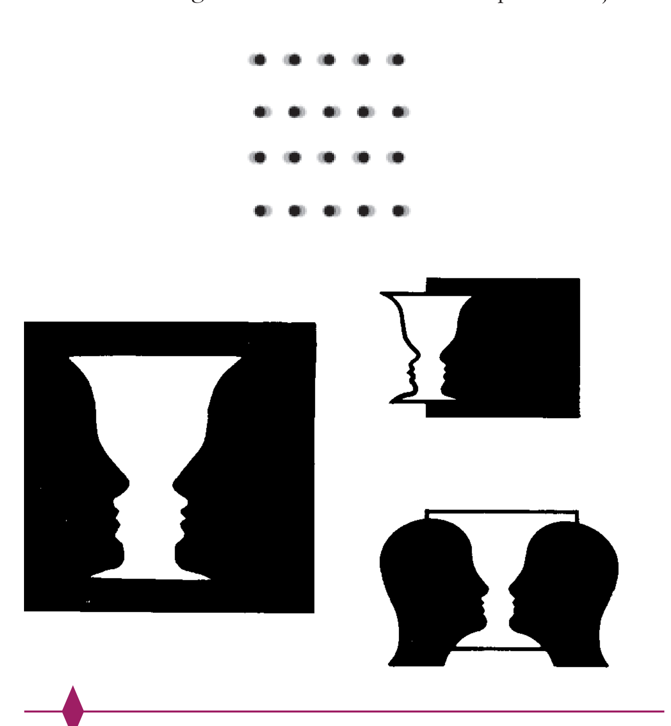


FIGURA 4.26

Figura y fondo

El primer paso del agrupamiento perceptual es que los procesos de la percepción interpreten parte de la imagen como la figura que destaca contra el fondo.

◆ INTEGRACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

Todas las leyes de la Gestalt que hemos presentado hasta aquí deben haberlo convencido de que mucho de la percepción consiste en unir las piezas del mundo "correctamente". Pero a menudo no abarcamos una escena con una mirada, o *fijación* (recuerde nuestro estudio de la atención). Lo que percibimos en un momento es un atisbo limitado de un gran mundo visual que se extiende en todas las direcciones hasta regiones invisibles del ambiente. Para hacernos una idea cabal del entorno, tenemos que combinar la información de fijaciones en diversos lugares (*integración espacial*) y en distintos momentos (*integración temporal*).

Quizá lo sorprenda saber que el sistema visual no se esfuerza por crear un cuadro integrado, momento a momento, del entorno. En las investigaciones se indica que la memoria visual de cada fijación del mundo no guarda los detalles exactos (Carlson-Radvansky e Irwin, 1995; Irwin, 1991; Simons, 2000). De hecho, a veces los observadores no son capaces de detectar si un objeto cambió de una fijación a la otra.

LAS IDEAS PUESTAS A PRUEBA

¿Qué acaba de ver?

En una serie de experimentos, los sujetos vieron durante dos segundos un grupo de imágenes de cinco objetos comunes. Alrededor de cuatro segundos después los sujetos vieron otras imágenes. En la mitad de los ensayos, el segundo grupo era idéntico al primero. Pero en la otra mitad, como se aprecia en la parte A de la **figura 4.27,** el segundo grupo difería en tres puntos: uno de los objetos cambiaba de identidad (por ejemplo, una engrapadora en la primera imagen era sustituida por unas llaves en la siguiente), dos objetos habían cambiado de posición espacial o todos los objetos cambiaban de configuración. Se pidió a los sujetos que juzgaran si las imágenes eran iguales o diferentes. Como se imaginará, luego de una breve reflexión, la tarea era sencilla. ¿Cómo podía uno dejar de notar que la engrapadora se había convertido en unas llaves? Como se muestra en la parte B de la figura 4.27, el desempeño en los cambios de *identidad* y los *desplazamientos* estuvo muy por debajo de 100 por ciento de aciertos. ¡Los sujetos eran "ciegos" a varios cambios muy evidentes (Simons, 1996)!

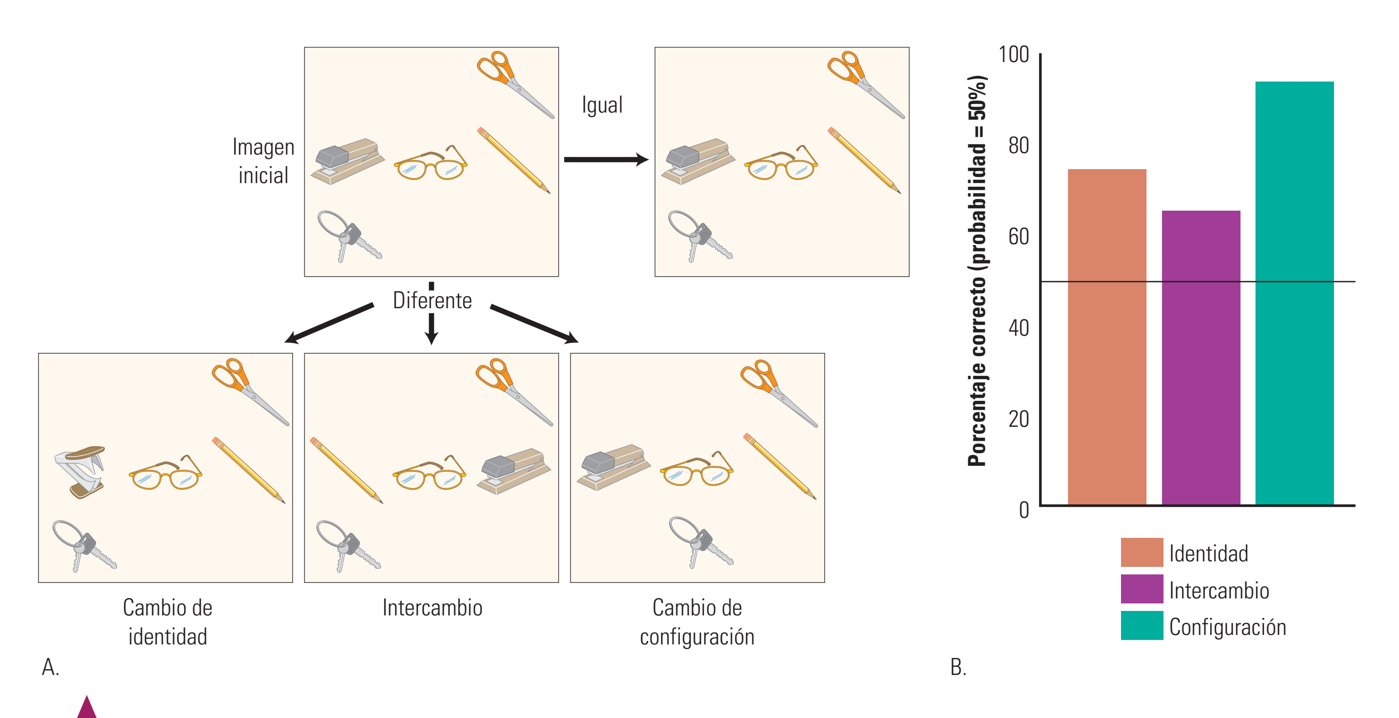


FIGURA 4.27

Ceguera al cambio

(A) Los sujetos del experimento debían responder si la segunda imagen era "igual" o "diferente" de la imagen inicial. (B) Cuando cambiaba la identidad de un objeto o se intercambiaban dos objetos, los sujetos no conseguían detectar la diferencia. Sólo cuando toda la configuración cambió los sujetos atinaron casi siempre.

A muchas personas les sorprende este resultado. ¿Cómo es posible que dediquemos tan pocos recursos de procesamiento a conservar los detalles de una escena, al grado que no notemos que una engrapadora se convirtió en unas llaves? Parte de la respuesta podría ser que el mundo en sí es una fuente estable de información (O'Regan, 1992). Simplemente no es necesario guardar en la memoria información que se mantiene constante en el medio, y por eso no tenemos procesos para memorizarla.

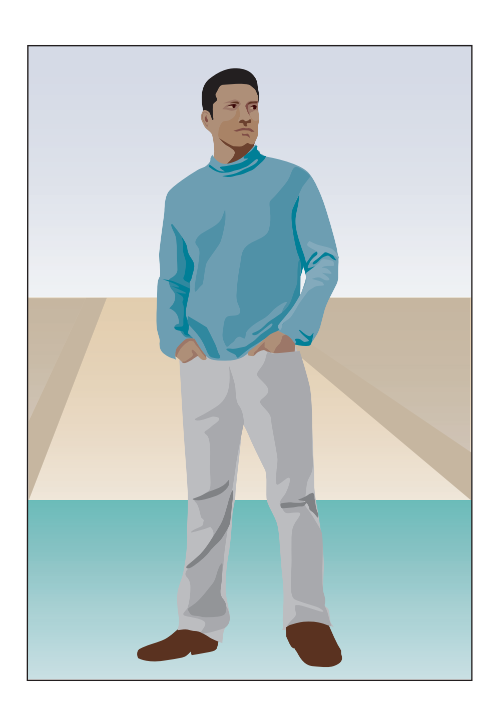
PERCEPCIÓN DEL MOVIMIENTO

Una forma de percepción que requiere hacer comparaciones entre las miradas al mundo es la percepción del movimiento. Consideremos las dos imágenes proporcionadas en la **figura 4.28.** Supongamos que este individuo ha estado inmóvil mientras nosotros caminamos hacia él. El tamaño de su imagen en la retina crece al acercarnos. El ritmo al que la imagen se acrecienta da una idea de la velocidad a la que nos acercamos (Gibson, 1979).

Como dijimos, la percepción del movimiento requiere que combinemos información de varias miradas al mundo. Apreciamos las consecuencias de la forma con que los procesos perceptuales combinan estas miradas cuando experimentamos el **fenómeno phi.** Este fenómeno ocurre cuando dos puntos luminosos fijos situados en lugares diferentes del campo visual se encienden y apagan alternándose a una velocidad aproximada de cuatro a cinco veces por segundo. El efecto se presenta en los anuncios callejeros y en la iluminación de las discotecas. Incluso a esta tasa relativamente lenta de alternación, parece que una sola luz se mueve entre los dos puntos. Hay muchas maneras de concebir la ruta que va del lugar del primer punto al segundo, pero los observadores ven sólo la ruta más simple, la línea recta (Cutting y Proffitt, 1982; Shepard, 1984). Ahora bien, esta regla de la recta se infringe cuando se muestran a los observadores imágenes alternadas del cuerpo humano en movimiento. Entonces, el sistema visual llena las trayectorias del movimiento biológico normal (Shiffrar, 1994; Stevens *et al.,* 2000).

PERCEPCIÓN DE LA PROFUNDIDAD

Hasta ahora hemos considerado sólo esquemas bidimensionales en superficies planas, pero en la vida diaria percibimos cuerpos sólidos en el espacio tridimensional. Percibir las tres dimensiones es indispensable para conseguir lo que queremos, como gente interesante y buena comida, y evitar lo que es peligroso, como los coches a altas velocidades y los pianos que caen. Esta percepción requiere información correcta acerca de la *profundidad* (la distancia a un objeto) así como de la *dirección* desde donde uno se encuentra. El oído sirve para determinar la dirección, pero no es de mucha ayuda para determinar la profundidad. La interpretación de la profundidad descansa en muchas fuentes de información referentes a la distancia: las llamadas *claves de profundidad*, entre las que se encuentran las claves binoculares, de movimiento y pictóricas.



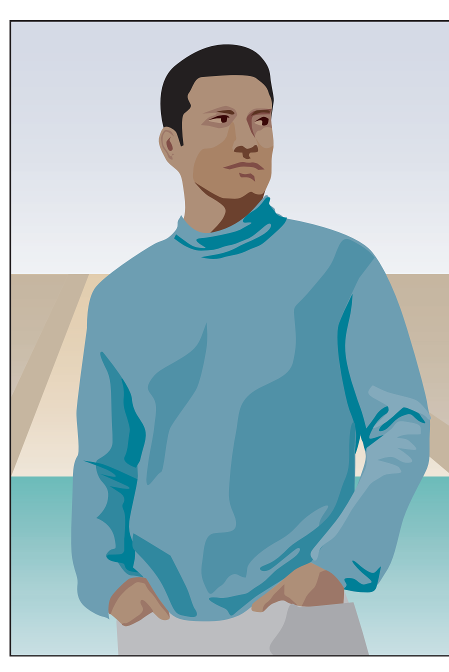


FIGURA 4.28
Acercamiento a un hombre

El tamaño de una imagen crece en la retina a medida que nos acercamos al estímulo.

CLAVES BINOCULARES Y DE MOVIMIENTO

¿Se ha preguntado por qué tiene dos ojos en lugar de uno? El segundo ojo es más que un repuesto: proporciona información excelente y convincente de la profundidad. La información binocular de la profundidad procede de la *disparidad retiniana* y de la *convergencia.*

Como los ojos se encuentran separados aproximadamente de cinco a 7.5 centímetros en sentido horizontal, perciben imágenes un poco diferentes del mundo. Para que se convenza, intente este experimento. Primero cierre el ojo izquierdo y con el derecho alinee los dos índices y algún objeto lejano. Extienda un índice a la distancia del brazo y el otro a unos 30 centímetros de su rostro. Entonces, con los dedos inmóviles, cierre el ojo derecho y abra el izquierdo sin dejar de fijar la vista en el objeto alejado. ¿Qué ocurrió con la posición de los dos dedos? El segundo ojo no los ve alineados con el objeto distante porque tiene una vista ligeramente distinta.

Este desplazamiento entre la posición horizontal de las imágenes correspondientes de los dos ojos se llama **desplazamiento retiniano**. Provee información de la profundidad debido a que la cantidad de disparidad, o diferencia, depende de la distancia relativa entre el observador y los objetos (ver la **figura 4.29**). Por ejemplo, cuando usted alternó los ojos, el dedo más cercano se desplazó más hacia un lado que el otro dedo.

Cuando uno mira el mundo con ambos ojos, los objetos estimulan lugares diferentes de las dos retinas. Si la disparidad entre las imágenes correspondientes en las retinas es pequeña, el sistema visual las funde en la percepción de un solo objeto en la profundidad (cuando las imágenes están muy alejadas, se ven dobles, como cuando uno bizquea). Si uno lo piensa, es asombroso lo que hace el sistema visual: toma dos imágenes retinianas,

¿Qué nos informa que el "protagonista" de esta foto se mueve y cuál es la dirección de su movimiento?

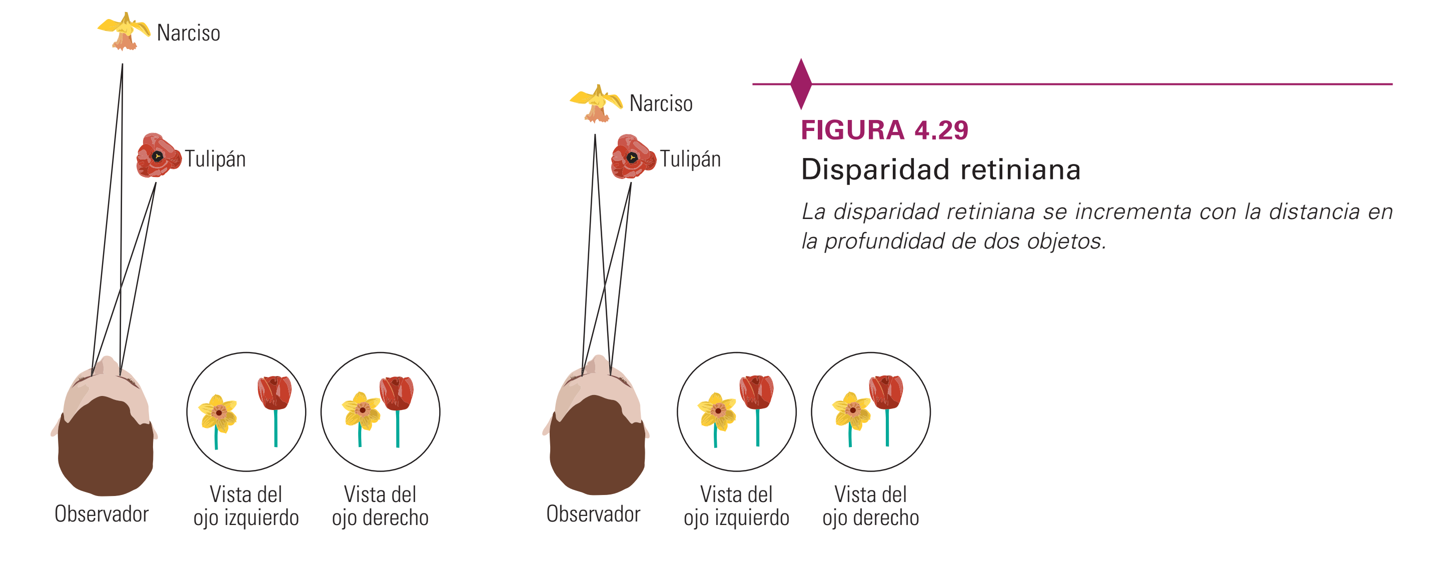


FIGURA 4.29
Disparidad retiniana
La disparidad retiniana se incrementa con la distancia en la profundidad de dos objetos.

compara el desplazamiento horizontal de las partes correspondientes (disparidad binocular) y genera una percepción unitaria de un único objeto en profundidad. En efecto, el sistema visual interpreta el desplazamiento horizontal entre dos imágenes como profundidad en el mundo tridimensional.

Otra información binocular acerca de la profundidad viene de la **convergencia.** Los dos ojos giran un poco hacia el centro cuando se fijan en un objeto (ver la **figura 4.30**). Si el objeto está muy cercano —a pocos centímetros del rostro—, los ojos deben acercarse bastante para que la misma imagen incida en ambas fóveas. Si mira a un amigo enfocar un objeto distante y luego otro a unos 30 centímetros, verá que sus ojos convergen. El encéfalo toma la información de los músculos oculares para hacer cálculos referentes a la profundidad. Sin embargo, la información de la convergencia es útil para la percepción de la profundidad sólo hasta unos tres metros. A distancias mayores, las diferencias angulares son demasiado pequeñas para detectarlas porque los ojos se encuentran casi paralelos cuando uno los fija en un objeto distante.

Para ver que el *movimiento* es otra clase de información de la profundidad, pruebe esta demostración. Como antes, cierre un ojo y alinee los dos índices con un objeto lejano. Luego mueva la cabeza a un lado al tiempo que conserva la vista fija en el objeto y los dedos inmóviles. Verá que los dedos se desplazan y que el dedo más cercano parece moverse más rápido y más lejos que el otro. El objeto enfocado no se mueve. Esta fuente de información de la profundidad se llama **paralaje de movimiento relativo.** El paralaje de movimiento proporciona información de la profundidad porque a medida que uno se mueve, las distancias relativas de los objetos determinan la cantidad y la dirección de su movimiento relativo en la imagen retiniana. La próxima vez que vaya como pasajero en un coche, esté atento al fenómeno del paralaje. Los objetos alejados del coche parecerán más estacionarios que los cercanos.

CLAVES PICTÓRICAS

Supongamos que vio algo con un solo ojo. ¿Percibiría la profundidad? De hecho, también hay información de la profundidad en un solo ojo. Las fuentes de esta información se llaman *claves pictóricas* porque abarcan la información de la profundidad que se encuentra en las pinturas. Los pintores que crean imágenes que parecen tridimensionales (sobre las dos dimensiones del papel o la tela) hacen un uso magistral de estas claves.

La *interposición,* u *oclusión,* se presenta cuando un objeto opaco tapa parte de otro objeto (ver la **figura 4.31**). La interposición da información acerca de la profundidad porque indica que el objeto ocultado está más atrás que el que lo oculta. Las superficies que ocultan también tapan la luz y arrojan sombras, que son otra fuente de información de profundidad.

FIGURA 4.30

Claves de convergencia de la profundidad

Cuando un objeto está cerca, los ojos deben converger más que cuando está a una distancia mayor. El encéfalo toma esta información de los músculos oculares para aprovechar la convergencia como clave de la profundidad.

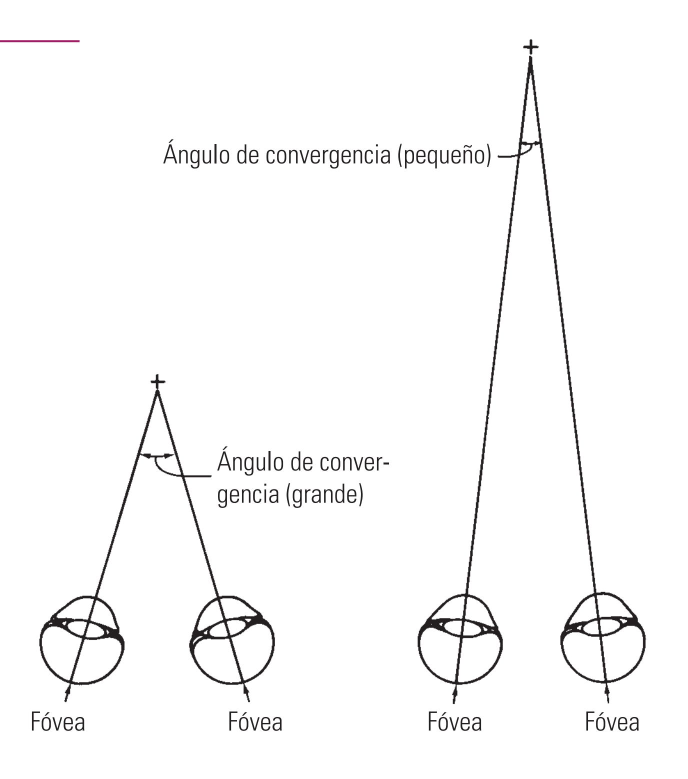




FIGURA 4.31

Superposición de claves de profundidad

¿Qué claves visuales indican si esta mujer está detrás de las rejas?

La *perspectiva lineal* es una clave de profundidad que depende también de la relación entre tamaño y distancia. Cuando líneas paralelas (que por definición están separadas en toda su longitud por la misma distancia) se extienden a lo lejos, convergen hacia un punto en el horizonte de la imagen retiniana (ver la **figura 4.33**). La interpretación que hace el sistema visual de las líneas convergentes da lugar a la ilusión de Ponzo. La línea superior se ve más grande porque uno interpreta los lados convergentes de acuerdo con la perspectiva lineal como líneas paralelas que se fugan





FIGURA 4.33

La ilusión de Ponzo

Las líneas convergentes añaden una dimensión de profundidad y, por consiguiente, la clave de la distancia hace que la línea superior parezca mayor que la inferior, aunque en realidad tengan la misma longitud.

Las tres fuentes de información pictórica se relacionan con la manera en que la luz se proyecta del mundo tridimensional en una superficie bidimensional, como la retina: tamaño relativo, perspectiva lineal y gradientes de textura. El *tamaño relativo* se desprende de una regla fundamental de la proyección de la luz: los objetos del mismo tamaño en distancias diferentes proyectan en la retina imágenes de tamaño distinto. El objeto cercano proyecta la imagen más grande y el alejado la más pequeña. Esta regla se conoce como *relación de tamaño/distancia*. Como se aprecia en la **figura 4.32,** si vemos un grupo de objetos idénticos, interpretamos que los más pequeños están más lejos.

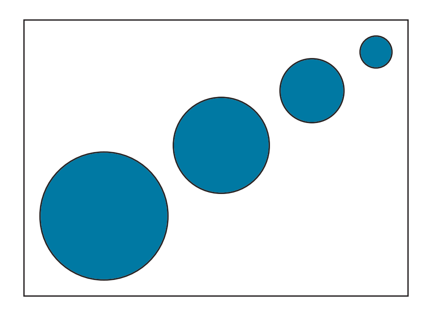


FIGURA 4.32

Tamaño relativo de una clave de profundidad

Los objetos que están más cerca proyectan en la retina imágenes más grandes. Como consecuencia, cuando se observa una ilustración con objetos idénticos, uno interpreta que los menores están a mayor distancia.

a la distancia. En este contexto, interpretamos la línea superior como si estuviera más lejos. Un objeto alejado tendría que ser más grande que uno cercano para producir en la retina imágenes del mismo tamaño.

Los gradientes de textura proporcionan claves de profundidad porque la densidad de una textura aumenta a medida que la superficie se aleja en la profundidad. El campo de trigo de la **figura 4.34** es un ejemplo del uso de la textura como clave de profundidad. Cabe pensar que es otra consecuencia de la relación del tamaño y la distancia. En este caso, las unidades que componen la textura se hacen más pequeñas a medida que se alejan y el sistema visual interpreta esta disminución del grano como mayor distancia en el espacio tridimensional.

Por ahora, debe quedar claro que hay numerosas fuentes de información de la profundidad. Sin embargo, en condiciones de visión normal la información de estas fuentes se reúne en una interpretación tridimensional única y coherente del entorno. Uno experimenta la profundidad, no las claves de profundidad que estaban en el estímulo proximal. En otras palabras, el sistema visual aprovecha claves como el diferencial de movimiento, interposición y tamaño relativo automáticamente, sin participación de la conciencia, para realizar cálculos complejos que proporcionen una percepción de profundidad en el medio tridimensional.



FIGURA 4.34

Ejemplos de textura como clave de profundidad

El campo de trigo es un ejemplo natural de la manera en que la textura sirve como clave de profundidad. Observe cómo se inclinan las plantas.

CONSTANCIAS PERCEPTUALES

Para descubrir otra propiedad importante de la percepción visual, vamos a pedirle que juegue un poco con su libro. Póngalo sobre la mesa y entonces acerque la cabeza de modo que esté a unos centímetros de distancia. Luego retroceda hasta la distancia normal de lectura. Aunque el libro estimuló una parte mucho mayor de la retina cuando estaba cerca, ¿no le pareció que el tamaño del libro era el mismo? Ahora levante el libro y gire la cabeza en el sentido de las manecillas del reloj. La imagen del libro rota en su retina en sentido contrario a las manecillas, ¿pero no le pareció que estaba en la misma posición vertical?

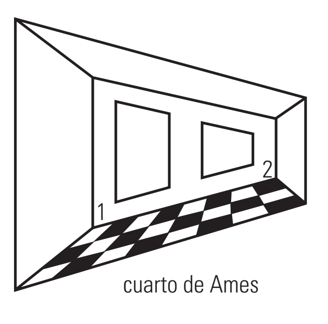
En general, el mundo se nos aparece *invariable, constante* y *estable* a pesar de los cambios en la estimulación de los receptores sensoriales. Los psicólogos se refieren a este fenómeno como **constancia perceptual.** En términos amplios, significa que uno percibe las propiedades de los estímulos distales, que suelen ser constantes, más que las de los estímulos proximales, que cambian cada vez que uno mueve los ojos o la cabeza. Para sobrevivir, es crucial percibir como constantes y estables las propiedades de los objetos del mundo, a pesar de las enormes variaciones en las propiedades de los patrones luminosos que estimulan los ojos. La tarea fundamental de la percepción es descubrir propiedades *invariables* del entorno a pesar de que varíen las impresiones que causen en la retina. Veremos cómo funciona esto con el tamaño, la forma y la orientación.

CONSTANCIA DEL TAMAÑO Y LA FORMA

¿Qué determina nuestra percepción del tamaño de un objeto? En parte, percibimos el tamaño real de un objeto por su tamaño en la imagen retiniana. Sin embargo, en la prueba con su libro demostramos que el tamaño de la imagen en la retina depende del tamaño real del libro y de la distancia al ojo. Como sabemos ahora, la información acerca de la distancia se consigue mediante varias claves de profundidad. El sistema visual combina esa información con los datos de la retina referentes al tamaño de la imagen para generar una percepción del tamaño del objeto que por lo regular concuerda con el tamaño real del estímulo distal. La **constancia del tamaño** se refiere a la capacidad de percibir el tamaño verdadero de un objeto a pesar de sus variaciones en la imagen retiniana.

Si el tamaño de un objeto se percibe mediante la consideración de las claves de la distancia, entonces nos equivocaríamos con respecto al tamaño del objeto siempre que nos engañáramos acerca de la distancia. Tal es la ilusión que se produce en el cuarto de Ames que se muestra en la **figura 4.35.** En comparación con el niño, el adulto se ve muy bajo en el rincón de la izquierda pero enorme a la derecha. La razón de esta ilusión es que uno percibe que el cuarto es rectangular y que las esquinas están a la misma distancia. Así, se percibe el tamaño real del niño en forma congruente con el tamaño de la imagen retiniana en los





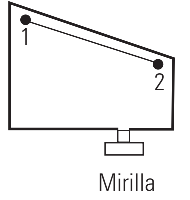


FIGURA 4.35

El cuarto de Ames

El cuarto de Ames fue diseñado para verlo a través de una mirilla con un ojo y tal es el punto desde el que se tomaron estas fotografías. El cuarto de Ames está construido con superficies que no son rectangulares y cuyos ángulos son inusitados tanto en anchura como en altura. Ahora bien, con sólo la vista de la mirilla, el sistema visual interpreta que es un cuarto ordinario y hace conjeturas inusuales acerca de la estatura de sus ocupantes.

dos casos. En realidad, el niño no está a la misma distancia porque el cuarto de Ames crea una ilusión sagaz. Parece ser rectangular, pero está compuesto por superficies en ángulos inusitados de altura y profundidad, como se observa en los dibujos que acompañan a las fotos. Cualquier persona situada a la derecha proyectará una imagen mayor en la retina porque está dos veces más cerca del observador. Dicho sea de paso, para que la ilusión surta efecto se le debe ver a través de una mirilla, que es el punto de vista de las fotografías de la figura 4.35. Si uno pudiera moverse mientras observa el cuarto, el sistema visual recabaría suficiente información acerca de la estructura inusual del cuarto.

Otra forma en que el sistema perceptual infiere el tamaño de los objetos consiste en aprovechar los conocimientos del tamaño característico de objetos con formas semejantes. Por ejemplo, cuando uno reconoce la forma de una casa, árbol o perro, ya tiene una muy buena idea del tamaño de cada cual, aun sin saber a qué distancia se encuentran. Cuando la experiencia no nos brinda conocimientos de objetos familiares a distancias grandes, la constancia del tamaño llega a perderse. Habrá experimentado este problema cuando se asoma desde la parte alta de un rascacielos y le parece que las personas son hormigas.

La **constancia de la forma** se relaciona estrechamente con la constancia del tamaño. Percibimos bien la forma real de un objeto incluso cuando se inclina y hace que su imagen en la retina sea muy diferente. Por ejemplo, un rectángulo inclinado hacia atrás proyecta una imagen trapezoidal en la retina; un círculo inclinado hacia atrás proyecta una imagen elíptica (ver la **figura 4.36**). Con todo, nuestra percepción de las formas como un rectángulo y un círculo inclinados en el espacio es buena. Si hay información precisa de la profundidad, el sistema visual puede determinar la verdadera forma de un objeto con sólo tomar en cuenta la distancia de sus partes.






FIGURA 4.36

Constancia de la forma

Cuando rota la moneda, su imagen se convierte en una elipse que adelgaza hasta ser un rectángulo esbelto, de nuevo una elipse y por fin un círculo. Sin embargo, en todas las posiciones se percibe como una moneda circular.

CONSTANCIA DE LA LUMINOSIDAD

Consideremos la fotografía de la **figura 4.37.** Cuando uno observa el muro de ladrillos de la foto, no percibe que unos se ven de color vivo y otros opacos; más bien percibimos un muro en el que todos los ladrillos tienen el mismo tono, claro u oscuro, pero que algunos están en la sombra (Goldstein, 1999). Éste es un ejemplo de **constancia de la luminosidad**, la tendencia a percibir constante lo blanco, gris y negro de los objetos a pesar de los cambios en la iluminación.

Como con otras constancias que hemos estudiado, experimentamos la constancia de la luminosidad muy a menudo. Por ejemplo, supongamos que usted lleva una playera blanca y que pasa de un lugar mal iluminado al exterior, cuando el día es soleado. A plena luz, la playera refleja más luz que en el lugar oscuro, pero la vemos casi igual en ambos contextos. De hecho, la constancia de la luminosidad funciona porque el porcentaje de luz que refleja un objeto es más o menos el mismo aunque cambie la cantidad absoluta de la luz. Su playera blanca va a reflejar de 80 a 90 por ciento de la luz que haya. Sus pantalones negros van a reflejar sólo cinco por ciento de la luz. Por eso, cuando uno ve las prendas en el mismo contexto, la playera siempre se verá más clara que los pantalones.



FIGURA 4.37

Constancia de la luminosidad

La constancia de la luminosidad explica por qué percibimos que todos los ladrillos del muro están hechos del mismo material.

En esta sección describimos varios procesos de organización de la percepción. En la última sección del capítulo consideraremos los procesos de identificación y reconocimiento que dan significado a los objetos y hechos del entorno.

PÓNGASE A PRUEBA

- ¿Qué fuerzas determinan cómo enfoca su atención?
- ¿Cuáles son los principios fundamentales del agrupamiento perceptual?
- ¿Cuáles son las dificultades de la integración espacial y temporal?
- ¿Cómo se da la percepción del movimiento a partir de miradas sucesivas al mundo?
- ¿Cuáles son las principales claves que posibilitan la percepción de la profundidad?
- ¿Qué constancias operan en la percepción del mundo?

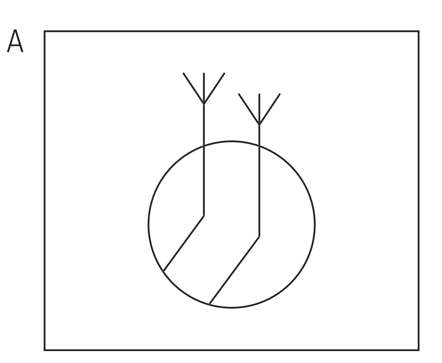
Procesos de identificación y reconocimiento

Cabe pensar que todos estos procesos de percepción brindan un conocimiento razonablemente exacto de las propiedades físicas del estímulo distal: la posición, tamaño, forma, textura y color de los objetos en el entorno tridimensional. Sin embargo, no sabemos qué objetos son ni si los hemos visto antes. Nuestra experiencia nos parecería una visita a otro planeta en el que todo fuera nuevo. No sabríamos qué comer, con qué cubrirnos la cabeza, adónde correr ni qué fechar. El medio no nos parece extraño porque podemos reconocer e identificar la mayoría de los objetos como cosas que ya habíamos visto y como integrantes de categorías significativas que conocemos por experiencia. La identificación y el reconocimiento confieren sentido a lo que percibimos.

◆ PROCESOS ASCENDENTES Y DESCENDENTES

Cuando identificamos un objeto, tenemos que hacerlo corresponder con nuestros conocimientos acumulados. Tomar los datos de los sentidos y enviarlos al encéfalo para extraer y analizar la información pertinente se denomina procesamiento ascendente. El **procesamiento ascendente** se arraiga en la realidad empírica y se ocupa de datos y de la transformación en representaciones abstractas de las características concretas y materiales de los estímulos. Esta actividad también se llama *procesamiento conducido por los datos,* porque el punto de partida para la identificación son las pruebas sensoriales obtenidas del entorno: los datos.

Ahora bien, en muchos casos podemos tomar información que ya tengamos del ambiente para hacer una identificación perceptual. Por ejemplo, si vamos al zoológico estaríamos más listos para identificar ciertos animales que en otras circunstancias. Es más probable que planteemos la hipótesis de estar viendo un tigre ahí, que cuando estamos en el patio de la casa. Cuando las expectativas influyen en la percepción, el fenómeno se llama procesamiento descendente. El **procesamiento descendente** consiste en aplicar sus experiencias, conocimientos, motivaciones y antecedentes culturales a la percepción del mundo. Con el procesamiento descendente, las funciones mentales superiores influyen en nuestra comprensión de objetos y hechos. Esta actividad se conoce también como *procesamiento conducido por conceptos o hipótesis* porque los conceptos que uno guarda en la memoria repercuten en la interpretación de los datos de los sentidos. La importancia del procesamiento descendente se ilustra en los dibujos conocidos como *droodles* (Price, 1953/1980). Sin designaciones, estos dibujos carecen de significado, pero cuando se identifican, es fácil encontrar su sentido (ver la **figura 4.38**).



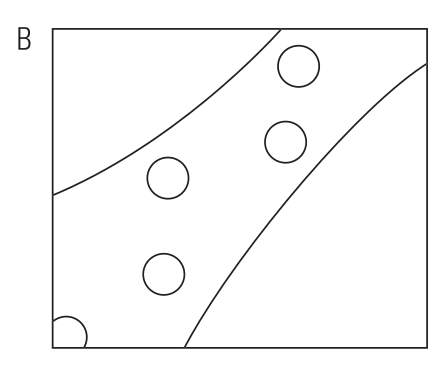


FIGURA 4.38

Droodles

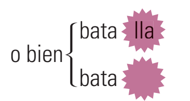
¿Qué son estos animales? ¿Ve usted en (A) una golondrina que atrapó una lombriz extremadamente fuerte y en (B) el cuello de una jirafa? Cada figura puede verse como representación de algo familiar, aunque el reconocimiento perceptual no ocurre hasta que se presenta alguna información de identificación.

Para una comparación más detallada del procesamiento ascendente y el descendente, hagamos un ejemplo del ámbito del reconocimiento del habla. Sin duda ha pasado por la experiencia de tratar de sostener una conversación en una fiesta muy ruidosa. En esas circunstancias, no es probable que todos los signos físicos que uno produce lleguen sin ambigüedades a los oídos de nuestro conocido: parte de lo que se dice queda oscurecido por toses, música estridente o carcajadas. Sin embargo, rara vez nos damos cuenta de que existen lagunas en la señal física que percibimos. Este fenómeno se conoce como *restauración fonémica* (Warren, 1970). Como explicaremos con más detalle en el capítulo 10, los *fonemas* son unidades mínimas de significado en el lenguaje. La restauración fonémica ocurre cuando aprovechamos los procesos descendentes para suplir los fonemas faltantes. Los escuchas no saben decir si oyen una palabra donde un ruido reemplaza parte de la señal original o si oyen una palabra con un ruido sobrepuesto a una señal intacta (ver la parte A de la **figura 4.39**; Samuel, 1981, 1991).

En la parte B de la figura 4.39 se muestra cómo se relacionan los procesamientos ascendentes y descendentes para producir una restauración fonémica (McClelland y Elman, 1986). Supongamos que parte de lo que le dice su amigo en una fiesta ruidosa se oscurece y la señal que llega a sus oídos es ésta: "Tengo que irme a pasear a mi (ruido)erro". Si el ruido tapa la /p/, es probable que usted crea que realmente oyó toda la palabra *perro.* ¿Por qué? En la figura 4.39 se aprecian dos clases de información pertinente para la percepción del habla. Tenemos los sonidos individuales que componen las palabras y las palabras mismas. Cuando los sonidos /e/, /rr/ y /o/ llegan al sistema, proporcionan información —en sentido ascendente— para el plano de las palabras (sólo señalamos unos ejemplos de palabras españolas terminadas en –erro). Lo ante-

A

Los pensamientos del soldado sobre el peligro



(Se añade ruido a la señal: el sujeto escucha "lla" y ruido)

(El ruido suplanta la señal: el sujeto sólo oye ruido)

lo ponen muy nervioso.

B

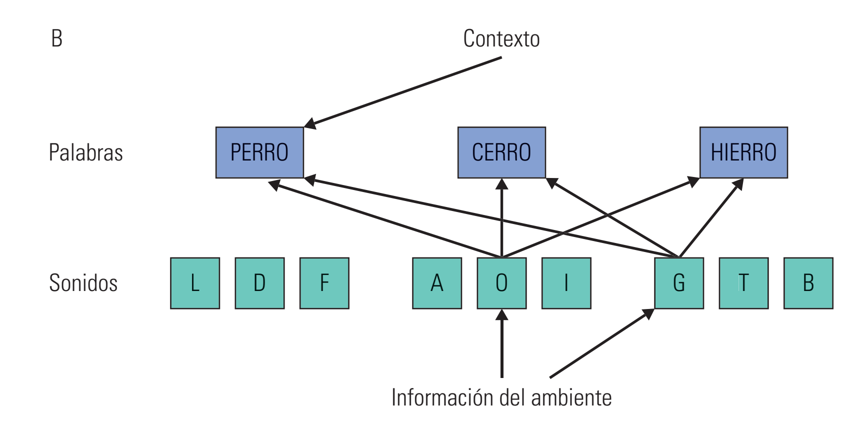


FIGURA 4.39

Restauración fonémica

(A) Aun cuando el ruido tapa un sonido, los escuchas "oyen" la información faltante. (B) En este ejemplo, el ruido oscurece /p/ cuando su amigo dice "perro". Con la única base de la información del ambiente, el sistema perceptual plantea varias hipótesis: perro, cerro, hierro, etcétera. Entonces, la información descendente del contexto ("Tengo que irme a pasear a mi..."), apoya la hipótesis de que su amigo dijo "perro".

rior establece una gama de candidatas para interpretar lo que dijo su amigo. Entonces se activan los procesos descendentes: el contexto lleva a elegir *perro* como la palabra más probable para esta elocución. Cuando todo esto ocurre con mucha rapidez (la identificación ascendente de un grupo de posibles palabras y la selección descendente de la posible palabra correcta), uno no sabe que la /p/ faltaba. Los procesos perceptuales consideran que la palabra estaba intacta (Samuel, 1997). La próxima vez que esté en un ambiente ruidoso, se sentirá contento de que sus procesos perceptuales suplan tan bien los sonidos.

INFLUENCIA DEL CONTEXTO Y LAS EXPECTATIVAS

Al principio del capítulo señalamos que el mundo ofrece a la percepción información ambigua. Tomemos la **figura 4.40.** ¿Qué interpreta? Supongamos que le decimos que es una imagen del patio de su vecino en la que se ve el árbol que acostumbra olfatear el dálmata que posee como mascota. ¿Ahora ve el perro? (la nariz del animal está aproximadamente en la mitad de la imagen). Éste es otro aspecto descendente de la percepción: los contextos y las expectativas influyen en nuestras hipótesis de lo que hay en el mundo. ¿Ha tenido la experiencia de toparse con conocidos en lugares donde no esperaba verlos, como en otra ciudad u otro grupo social? En tales situaciones, uno se tarda mucho más en reconocerlos y a veces ni siquiera estamos seguros de conocerlos. El problema no es que se vean diferentes; en absoluto. El problema radica en que el *contexto* está equivocado: uno no espera que estén ahí. El contexto espacial y temporal en el que se reconocen los objetos es una fuente importante de información porque despierta expectativas acerca de qué es posible y qué no es posible ver en los alrededores.



FIGURA 4.40

Imagen ambigua

¿Qué ve usted en la imagen?

La identificación perceptual depende de las expectativas tanto como de las propiedades físicas de los objetos que uno ve: la identificación de objetos es un proceso constructivo, interpretativo. La identificación varía según lo que sepamos, dónde estemos y qué otras cosas veamos. Observe las palabras siguientes:

THE CAT

Forman, ¿no es verdad?, la expresión en inglés THE CAT ("el gato"). Ahora mire la letra central de cada palabra. Son exactamente la misma, pero uno percibe la primera como H y la segunda como A. ¿Por qué? Es evidente que influye en la percepción lo que sabemos sobre las palabras en inglés. El contexto que proporciona la forma T_E hace muy probable una H y muy improbable una A, al tiempo que se presenta la situación inversa en el contexto de C_T (Selfridge, 1955).

Los investigadores han documentado muchas veces los efectos del contexto y las expectativas en la percepción (y las reacciones) al estudiar la **disposición,** que es la presteza temporal para percibir o reaccionar a un estímulo de determinada manera. Existen tres formas de disposición: motriz, mental y perceptual. La *disposición motriz* es la presteza para dar una respuesta rápida y preparada. Un corredor se entrena al perfeccionar una disposición motriz para saltar de su marca a la mayor velocidad en cuanto dispara la pistola de salida. Una disposición mental es la presteza para enfrentar una situación, como resolver un problema o un juego, de cierto modo determinado por reglas aprendidas, instrucciones, expectativas o tendencias habituales. La *disposición mental* llega a impedir la solución de un problema si las reglas no corresponden a la situación nueva, como veremos cuando estudiemos la solución de problemas en el capítulo 9. La *disposición perceptual* es la presteza para detectar un estímulo en cierto contexto. Por ejemplo, una nueva madre tiene una disposición perceptual para escuchar el llanto de su hijo.

Muchas veces una disposición orilla a operar un cambio en la interpretación de un estímulo ambiguo. Tomemos estas dos listas de palabras.

ZORRA, BÚHO, SERPIENTE, PAVO, CISNE, PA?O

BETO, LUIS, DAVID, MEMO, ENRIQUE, PA?O

¿Leyó las listas? ¿Qué palabra la vino a la mente para PA?O en cada caso? Si pensó PATO y PACO fue porque las listas crearon una disposición que lo dirigió a buscar en la memoria de cierta manera.

Es evidente que todos los efectos del contexto en la percepción exigen que la memoria esté organizada de manera tal que la información pertinente para determinadas situaciones esté a la mano en el momento oportuno. En otras palabras, para generar expectativas apropiadas (o inapropiadas), debemos ser capaces de aprovechar los conocimientos guardados en la memoria. A veces uno "ve" con la memoria tanto como con los ojos. En el capítulo 7 vamos a estudiar las propiedades de la memoria que hacen posible los efectos del contexto en la percepción.

◆ LECCIONES FINALES

Para consolidar todo lo que aprendió en este capítulo, le sugerimos que regrese a la figura 4.2, pues ahora posee los conocimientos suficientes para entender el diagrama completo. En el examen de esa figura 4.2 se confirmará también la lección importante que hay que aprender del estudio de la percepción, a saber, que la experiencia perceptual con que se reacciona ante un estímulo es una respuesta de una persona total. Además de la información que se proporciona con la estimulación de los sentidos, la percepción definitiva depende de quién sea usted, con quién esté y qué espera, quiere y valora. El observador representa dos papeles que podemos comparar con las apuestas y con el diseño de interiores. Como jugador, el observador está dispuesto a apostar a que puede entender la información actual a partir de sus conocimientos y teorías personales. Como decorador de interiores compulsivo, el observador reorganiza continuamente los estímulos para que armonicen mejor y sean más coherentes. Las percepciones incongruentes y confusas se rechazan en favor de las que siguen líneas claras, nítidas y congruentes.

Si la percepción fuera por completo ascendente, estaríamos ligados a la misma realidad mundana concreta del aquí mismo. Podríamos registrar las experiencias, pero no les sacaríamos provecho en ocasiones posteriores ni veríamos el mundo de manera diferente en circunstancias distintas. Por el contrario, si el procesamiento perceptual fuera sólo descendente, nos perderíamos en nuestro propio mundo de fantasía de lo que esperamos y queremos percibir. Un equilibro adecuado entre los dos extremos consigue la finalidad de la percepción: tener la experiencia del mundo exterior en una forma óptima que satisfaga nuestras necesidades como seres biológicos y sociales, que indagamos y que nos adaptamos al entorno cultural y material.

PÓNGASE A PRUEBA

- ¿Cuál es la diferencia entre procesamiento ascendente y descendente?
- ¿Cómo muestra la restauración fonémica la influencia del procesamiento descendente?
- ¿Cuál es la relación entre contextos y expectativas?
- ¿Qué son las disposiciones y por qué repercuten en lo que uno percibe?

Recapitulación de los puntos principales

SENSACIÓN, ORGANIZACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO

- La percepción es un proceso de tres fases: una etapa sensorial, una de organización perceptual y una de identificación y reconocimiento.
- En el plano sensorial de procesamiento, se detecta la energía física y se transforma en energía nerviosa y experiencia sensorial.
- En el plano de la organización, los procesos perceptuales organizan las sensaciones en imágenes coherentes y generan la percepción de objetos y patrones.
- En el plano de la identificación y el reconocimiento los perceptos de los objetos se comparan con las representaciones de la memoria para reconocerlos como familiares y significativos.
- La tarea de la percepción es determinar cuál es el estímulo distal (externo) a partir de la información contenida en el estímulo proximal (sensorial).
- Una ambigüedad surge cuando la misma información sensorial puede organizarse en varios perceptos.
- El conocimiento de las ilusiones perceptuales puede restringir los procesos perceptuales ordinarios.

CONOCIMIENTO SENSORIAL DEL MUNDO

- La psicofísica investiga las respuestas psicológicas a los estímulos físicos. Los investigadores miden los umbrales absolutos y las diferencias apenas perceptibles entre estímulos.
- La detección de señales permite a los investigadores distinguir la agudeza sensorial de los sesgos de las respuestas.
- Los investigadores de la psicofísica han expresado por medio de funciones matemáticas la relación entre intensidad física y efecto psicológico.
- La sensación traduce la energía física de los estímulos en códigos nerviosos por medio de la transducción.

SISTEMA VISUAL

- Los fotorreceptores de la retina, los conos y los bastones, convierten la energía luminosa en impulsos nerviosos.
- Las células ganglionares de la retina integran la información de los receptores y las células bipolares. Sus axones forman los nervios ópticos que se unen en el quiasma óptico.
- La información visual se distribuye a varias zonas del encéfalo que procesan aspectos distintos del entorno visible, como la apariencia de las cosas y el lugar que ocupan.
- La longitud de onda de la luz es el estímulo para el color.
- Las sensaciones de color difieren por su matiz, saturación y brillantez.
- La teoría de la visión a color combina la teoría tricromática, de tres receptores del color, con la teoría del proceso oponente, de sistemas cromáticos compuestos por elementos en oposición.

AUDICIÓN

- La audición se produce por medio de ondas sonoras de frecuencia, amplitud y complejidad distintas.
- En la cóclea, las ondas sonoras se transforman en ondas líquidas que mueven la membrana basilar. Las vellosidades de esta membrana estimulan los impulsos nerviosos que se transmiten a la corteza auditiva.
- La teoría del lugar explica mejor la codificación de las frecuencias elevadas; la teoría de la frecuencia, la codificación de las frecuencias bajas.
- Para calcular la dirección de la que procede el sonido, dos mecanismos nerviosos miden la intensidad relativa y el tiempo de llegada de los sonidos a cada oído.

LOS OTROS SENTIDOS

- El olfato y el gusto responden a las propiedades químicas de las sustancias y colaboran cuando las personas buscan y prueban los alimentos.
- Las células sensibles a los olores situadas en los conductos nasales realizan la olfacción.
- Los receptores del gusto son botones gustativos en las papilas, que están situadas en la lengua.
- Los sentidos cutáneos (de la piel) producen las sensaciones de presión y temperatura.
- El sentido vestibular proporciona información de la dirección y la tasa del movimiento del cuerpo.
- El sentido cinestésico proporciona información acerca de la posición de los miembros del cuerpo y contribuye a la coordinación del movimiento.

- El dolor es la respuesta del cuerpo a estímulos que pueden ser dañinos.
- La respuesta fisiológica al dolor comprende una reacción sensorial en el punto del estímulo doloroso e impulsos nerviosos que transitan entre el encéfalo y la médula espinal.

ORGANIZACIÓN DE LAS PERCEPCIONES

- Tanto los objetivos personales como las propiedades de los objetos del mundo determinan en qué centramos nuestra atención.
- Los psicólogos de la Gestalt establecieron varias leyes de agrupamiento perceptual: proximidad, semejanza, buena continuación, cierre y destino común.
- Los procesos de la percepción se integran en el tiempo y el espacio para dar una interpretación del ambiente.
- Las claves binoculares, de movimiento y pictóricas contribuyen a la percepción de la profundidad.
- Percibimos que los objetos tienen un tamaño, forma y brillantez estable.

PROCESOS DE IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO

- En la última etapa del procesamiento perceptual (identificación y reconocimiento de los objetos), los perceptos adquieren un significado mediante procesos que combinan influencias ascendentes y descendentes.
- El contexto, expectativas y disposiciones de percepción guían el reconocimiento de datos incompletos o ambiguos en una dirección y no en otra igualmente posible.

TÉRMINOS FUNDAMENTALES

acomodación (p. 104)
adaptación a la oscuridad (p. 105)
adaptación sensorial (p. 100)
altura tonal (p. 113)
ambigüedad (p. 96)
atención (p. 122)
audición dicótica (p.125)
bastones (p. 105)
brillantez (p. 110)
bulbo olfatorio (p. 118)
campo receptivo (p. 107)
captación por el estímulo (p. 122)
célula ganglionar (p. 105)
células amacrinas (p. 105)
células bipolares (p. 105)
células horizontales (p. 105)
cóclea (p. 115)
colores complementarios (p. 111)
conos (p. 105)
constancia de la forma (p. 133)
constancia de la luminosidad (p. 134)
constancia del tamaño (p. 132)
constancia perceptual (p. 132)
convergencia (p. 130)
corteza auditiva (p. 116)
corteza visual (p. 106)
desplazamiento retiniano (p. 129)
diferencia apenas perceptible, (DAP) (p. 102)
disposición (p. 137)
dolor (p. 121)
estímulo distal (p. 95)
estímulo proximal (p. 95)
fenómeno phi (p. 128)
feromonas (p. 118)
figura (p. 125)
fondo (p. 125)
fotorreceptores (p. 104)
fóvea (p. 105)
función psicométrica (p. 100)
identificación y reconocimiento (p. 94)
ilusión (p. 98)
ley de Weber (p. 102)
localización sonora (p. 117)
matiz (p. 110)
membrana basilar (p. 115)
nervio auditivo (p. 116)
nervio óptico (p. 106)
organización perceptual (p. 94)
paralaje de movimiento relativo (p. 130)
percepción (p. 94)
principio de la andanada (p. 116)
procesamiento ascendente (p. 135)
procesamiento descendente (p. 135)
psicofísica (p. 99)
receptores sensoriales (p. 103)
retina (p. 104)
saturación (p. 110)
selección por metas (p. 122)
sensación (p. 94)
sentido cinestésico (p. 120)
sentido vestibular (p. 120)
sentidos cutáneos (p. 119)
sesgo de la respuesta (p. 101)
teoría de la detección de señales (TDS) (p. 101)
teoría de la frecuencia (p. 116)
teoría de la Gestalt (p. 126)
teoría de la puerta de control (p. 121)
teoría del lugar (p. 116)
teoría del proceso oponente (p. 112)
teoría tricromática (p. 112)
timbre (p. 114)
transducción (p. 103)
umbral absoluto (p. 99)
umbral diferencial (p. 102)
volumen (p. 114)



CAPÍTULO

5

Mente, conciencia y estados alterados

Al comenzar a leer este capítulo, tómese un momento para pensar en su recuerdo más gozoso. Ahora piense en qué le gustaría que ocurriera mañana o pasado mañana. ¿Cuándo y de dónde llegaron estos recuerdos del pasado y estas proyecciones del futuro? Aunque es obvio que uno almacena en el encéfalo un vasto conjunto de información, es muy poco probable que estos pensamientos que le pedimos que elucubrara los tuviera “en la mente” cuando se sentó a leer este libro. Por consiguiente, no será difícil que comprenda que esos pensamientos llegaron a su conciencia y que proceden de una parte de su encéfalo que entonces no era consciente. ¿Pero cómo llegaron a su mente esos pensamientos? ¿De verdad ponderó varios recuerdos o futuros posibles? Es decir, ¿usted era consciente de que tomaba una decisión o los pensamientos simplemente aparecieron en su conciencia en virtud de algunas operaciones inconscientes?

Estas preguntas son un adelanto de los principales temas del capítulo 5. Aquí nos ocuparemos de varias cuestiones: ¿qué es el estado de conciencia ordinario? ¿Qué determina el contenido de la conciencia? ¿Por qué necesitamos una

conciencia? ¿En verdad los hechos mentales inconscientes ejercen una influencia en los pensamientos, emociones y conductas? ¿Cómo cambia la conciencia durante el ciclo circadiano y cómo se altera deliberadamente el estado de la conciencia? El psicólogo en ciernes que es usted también querrá saber cómo se pueden estudiar científicamente los aspectos de la mente. ¿Cómo se exterioriza lo interno, se hace público lo privado y se miden las experiencias subjetivas de manera exacta?

Comenzaremos nuestro análisis con una exploración del contenido y el funcionamiento de la conciencia. Luego estudiaremos los cambios mentales ordinarios que se experimentan en las ensoñaciones y fantasías y al dormir y soñar. Por último, vamos a ver cómo la hipnosis, la meditación, los ritos religiosos y las drogas alteran desde sus cimientos a la conciencia.



¿Por qué la autoconciencia se considera un aspecto tan importante de la conciencia en general?

Los contenidos de la conciencia

Hemos de admitir que el término **conciencia** es ambiguo. Con este término nos referimos a un estado general de la mente o bien a sus contenidos específicos. A veces uno dice que "era consciente" en oposición a "inconsciente" (por ejemplo, al estar anestesiado o dormido); en otras ocasiones, se dice que uno era consciente (estaba *al tanto*) de cierta información o actos. Sin lugar a dudas aquí hay alguna coherencia: para ser consciente de una información, uno debe estar consciente. En este capítulo cuando hablemos de los *contenidos* de la conciencia nos referiremos al cúmulo de información del que estamos al tanto.

◆ CONCIENCIA Y ESTADO DE ALERTA

Algunas de las primeras investigaciones psicológicas se ocuparon de los contenidos de la conciencia. Cuando la psicología se escindió de la filosofía en el siglo XIX, se convirtió en la ciencia de la mente. Wundt y Titchener se valieron de la introspección para explorar el contenido de la mente consciente y William James observó su propia corriente de conciencia (ver el capítulo 1). De hecho, ya en la primera página de su clásico libro de 1892, *Psicología,* James refrendó la definición de psicología como "la descripción y explicación de los estados de conciencia como tales".

El estado ordinario de vigilia comprende percepciones, pensamientos, sentimientos, imágenes y deseos que se producen en un momento determinado: toda la actividad mental en la que uno enfoca la atención. Somos conscientes de lo que hacemos y también del hecho de que lo hacemos. En ocasiones somos conscientes, nos damos cuenta de que otros observan, evalúan y reaccionan ante lo que hacemos. De la experiencia de observarnos desde nuestra posición interior privilegiada se desprende un *sentido del yo.* En conjunto, todas estas actividades mentales forman el contenido de la conciencia: todas las experiencias de las que estamos conscientes en un momento dado (Natsoulas, 1998).

Hemos definido los tipos generales de información que *podrían* ser conscientes en cierto lugar y tiempo, ¿pero qué determina lo que es consciente ahora mismo? Por ejemplo, ¿estaba usted consciente de su respiración en este momento? Lo más probable es que no; el control de la respiración es una parte de los *procesos inconscientes.* ¿Pensaba en sus últimas vacaciones o en el autor de *Hamlet?* Tampoco es probable; el control de estos pensamientos es parte de los *recuerdos preconscientes.* ¿Se daba cuenta del ruido de fondo, como el tictac de un reloj, el ronroneo del tráfico o el zumbido de una luz fluorescente? Sería difícil darse cuenta de todo esto sin dejar de centrar toda la atención en el sentido del material de este capítulo; estos